

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-214803

(43)Date of publication of application : 06.08.1999

(51)Int.Cl.

H01S 3/225
H01S 3/1055
H01S 3/136

(21)Application number : 10-023803

(71)Applicant : KOMATSU LTD

(22)Date of filing : 20.01.1998

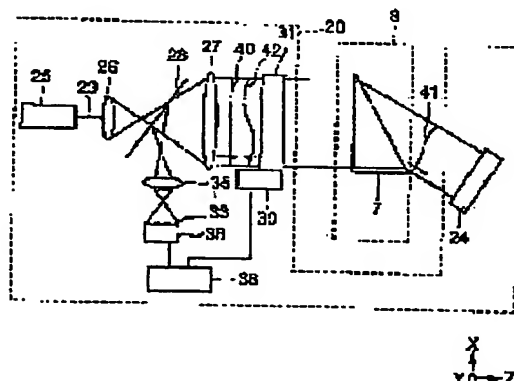
(72)Inventor : ARIGA TATSUYA
NAKAKE TAKANORI
TANAKA HIROKAZU

(54) NARROW BAND OSCILLATION EXCIMER LASER AND METHOD OF OPTIMIZING WAVE FRONT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable the constitution by combination of excimer optical components with an optimized wave front by measuring the liq. surface characteristics of each optical component of an excimer laser and selecting and combining the optical components, based thereon, to determine the shape of a laser wave front emitted from the excimer laser.

SOLUTION: A laser beam 29 oscillating from an Ar double-wave laser 25 nearly at the oscillation wavelength of e.g. a KrF excimer laser is set to a reference light, the laser 29 passes through a diffusion lens 26m, beam splitter 28 and collimator lens 27 to magnify, and a plain wave 40 is incident on a reference mirror 31 from a half-mirror. If the wave front of the light passed through a prism 7 is an emission wave front 41, it is perpendicularly incident on a mirror 24 and reflected to pass reversely through the prism 7 to the reference mirror 31, resulting in a measured light having a wave front 42. An interference fringe 33 contg. wave front information after passing through an image-forming lens 35 is analyzed by an interferometer controller 38 to know the shape of the wave front 42 of the measured light.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

25.03.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C): 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Narrow-band oscillation excimer laser which performs a narrow-band oscillation (4) Wave-front property W which is the configuration of the outgoing radiation wave front at the time of setting and carrying out incidence of the known wave front to each optic (41) (X, Y) It measures. each of this wave-front property W (X, Y) being based — excimer laser (4) from — laser beam (3) which carries out outgoing radiation The wave-front configuration KL (X, Y) of the laser wave front (39) which is a wave front is calculated. Narrow-band oscillation excimer laser characterized by having the optic chosen and adjusted so that the wave-front configuration KL (X, Y) of this laser wave front (39) might turn into a predetermined configuration (4) .

[Claim 2] Narrow-band oscillation excimer laser which is equipped with the narrow-band-ized unit (12) which has an optic for performing narrow-band-ization, and performs a narrow-band oscillation (4) It sets. Wave-front property W which is the configuration of the outgoing radiation wave front at the time of carrying out incidence of the known wave front to each optic (41) (X, Y) It measures. Each of this wave-front property W (X, Y) Laser beam which it is based and carries out outgoing radiation from a narrow-band-ized unit (12) (3) The wave-front configuration KU (X, Y) of the unit wave front (34) which is a wave front is calculated. It had the optic of a narrow-band-ized unit (12) chosen and adjusted so that the wave-front configuration KU (X, Y) of this unit wave front (34) might turn into a predetermined configuration. Narrow-band oscillation excimer laser characterized by things (4) .

[Claim 3] Oscillated laser beam (3) Beam expander operated orthopedically (9) Beam expander (9) Narrow-band oscillation excimer laser which has the grating (10) which carries out incidence of the outgoing radiation light, and narrow-band-izes it (4) It sets. Wave-front property W which is the configuration of the outgoing radiation wave front at the time of carrying out incidence of the known wave front to each optic (41) (X, Y) It measures. Each of this wave-front property W (X, Y) It is based and is said beam expander (9). Laser beam which carries out outgoing radiation when it uses (3) The wave-front configuration KG (X, Y) of the grating wave front (15) which is the component which constitutes a wave front is calculated. Said beam expander chosen and adjusted so that the wave-front configuration KG (X, Y) of this grating wave front (15) might turn into a predetermined configuration (9) Narrow-band oscillation excimer laser characterized by having an optic (4) .

[Claim 4] Narrow-band oscillation excimer laser which performs a narrow-band oscillation (4) It sets and it is said narrow-band oscillation excimer laser (4). Narrow-band oscillation excimer laser characterized by having measured the wave-front configuration KL (X, Y) of the laser wave front (39) which is an outgoing radiation wave front at the time of carrying out incidence of the known wave front (41), and having an adjustment means to adjust a wave front so that this wave-front configuration KL (X, Y) may turn into a predetermined configuration (4) .

[Claim 5] Narrow-band oscillation excimer laser which is equipped with the narrow-band-ized unit (12) which has an optic for performing narrow-band-ization, and performs a narrow-band oscillation (4) It sets. The wave-front configuration KU (X, Y) of the unit wave front (34) which is an outgoing radiation wave front (41) at the time of carrying out incidence of the known wave front to said narrow-band-ized unit (12) is measured. Narrow-band oscillation excimer laser characterized by having the narrow-band-ized unit (12) which has an adjustment means to adjust a wave front so that this wave-front configuration KU (X, Y) may turn into a predetermined configuration (4) .

[Claim 6] Narrow-band oscillation excimer laser which performs a narrow-band oscillation (4) In the wave-front optimization approach Wave-front property W which is the configuration of the outgoing radiation wave front at the time of carrying out incidence of the known wave front (41) (X, Y) It measures to each optic. Each of this wave-front property W (X, Y) Wave-front configuration K at the time of being based and combining each optic (X, Y) It calculates. This wave-front configuration K (X, Y) Narrow-band oscillation excimer laser characterized by choosing said each optic so that it may become a predetermined configuration (4) The wave-front optimization approach.

[Claim 7] Narrow-band oscillation excimer laser which performs a narrow-band oscillation (4) In the wave-front optimization approach Assemble a narrow-band-ized unit (12) and the wave-front configuration KU (X, Y) of the unit wave front (34) which is an outgoing radiation wave front (41) at the time of carrying out incidence of the known wave front to said narrow-band-ized unit (12) is measured to said assembled narrow-band-ized unit (12). Narrow-band oscillation excimer laser characterized by adjusting said optic so that this wave-front configuration KU (X, Y) may turn into a predetermined configuration (4) The wave-front optimization approach.

[Claim 8] Narrow-band oscillation excimer laser which performs a narrow-band oscillation (4) In the wave-front optimization approach Narrow-band oscillation excimer laser (4) It assembles and is this narrow-band oscillation excimer laser (4). It is said assembled excimer laser (4) about the wave-front configuration KL (X, Y) of the laser wave front (39) which is an outgoing radiation wave front at the time of carrying out incidence of the known wave front (41). It receives and measures. Narrow-band oscillation excimer laser characterized by adjusting said optic so that this wave-front configuration KL (X, Y) may turn into a predetermined configuration (4) The wave-front optimization approach.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the approach of optimizing the wave front of narrow-band oscillation excimer laser combining an optic, and the narrow-band oscillation excimer laser which had the wave front optimized.

[0002]

[Description of the Prior Art] From the former, utilization of excimer laser is advanced as the light source of the contraction projection aligner for semiconductor fabrication machines and equipment (henceforth a stepper). Since the wavelength of excimer laser is short and this can resolve a detailed pattern by optical elements, such as a lens, in the case of processing, it is because more precise processing is possible.

[0003] However, the light oscillated from this excimer laser has the wide line breadth which is the spectral band width of that wavelength as an object for steppers, and since main wavelength is moreover changed, if it remains as it is, in case it penetrates optical elements, such as a lens, chromatic aberration and focal dotage arise and it causes an exposure mistake. Therefore, the technique of narrow-band-izing which carries wavelength selection components, such as a grating, in the resonator of excimer laser, and narrows said line breadth, and stabilizes said main wavelength is indispensable. The stability of this line breadth and main wavelength is named a wavelength property generically.

[0004] Drawing 15 is an example of the technique which the applicant for this patent indicated to Japanese Patent Application No. No. (un-opening to the public) 174478 [nine to], and explains the conventional technique based on this drawing below. In this drawing, the closure of the laser gas is carried out to the chamber 1 of excimer laser 4, energy is supplied by discharge by the discharge electrode 2, and a laser beam 3 is oscillated by it. Outgoing radiation of this laser beam 3 is carried out from the rear window 5, while passing the beam expander 9, that path can extend it, and it carries out incidence to a grating 10. The include angle to the optical path of a laser beam 3 is controlled by the include-angle actuator which is not illustrated, and the grating 10 is performing said narrow-band-ization by oscillating only the selected, predetermined wavelength. The beam expander 9 and a grating 10 are named the narrow-band-ized unit 12 generically. The laser beam 3 which had wavelength controlled by this narrow-band-ized unit 12 penetrates the front window 13, penetrates the front mirror 14 whose part is a partial reflection mirror, and it carries out outgoing radiation leftward in drawing. Moreover, the way things stand, since the cross-section configuration of a laser beam 3 is changed according to the situation of discharge, for using it for exposure of a stepper etc., it is unsuitable, and in order to operate orthopedically in the configuration of a request of this, aperture 6 is inserted into the resonator.

[0005] By the way, according to said conventional technique, being distorted, while a laser beam 3 passes through the interior of an optic or the wave front of the laser beam 3 which was the plane wave which has a perpendicular wave front to an optical axis reflects on a front face at the beginning is known. This is based on causes, such as diffraction in the heterogeneity of the refractive-index distribution inside an optic, the heterogeneity of the process tolerance of the front face, or the edge of aperture 6.

[0006] Hereafter, distortion of said wave front is explained based on drawing 16 and drawing 17. The laser beam 3 which is the plane wave 19 which has a perpendicular wave front in drawing 16 from the left in drawing to an optical axis 18 shows the case where incidence is carried out to the window 16 which carried out the configuration where the center section swelled slightly. Since the rate of specific refraction of glass is about 1.5, in case the inside of glass is penetrated, the velocity of light falls to 3 by about 2/, and the light which passes through the center section of this window 16 is in advance of a wave front in order to have to pass a long distance compared with the light which passes through that edge. That is, a window 16 has the property of changing the wave front of the laser beam 3 to penetrate to the concave surface wave 21 on which the center was dented to the travelling direction. Since it has the property made into the convex wave in which the center projected the wave front of the transmitted light by the reason nil why this laser beam 3 is still more opposite to the case of the window 16 which mentioned this window 17 above when incidence was carried out to the window 17 of the configuration where the center was dented slightly, the wave front of a laser beam 3 will return to the original plane wave 19 mostly.

[0007] Next, after the laser beam 3 which has the plane wave 19 which carried out incidence from the left in drawing in drawing 17 passes through the window 16 where the center section swelled slightly like the above and changes to said concave surface wave 21, the case where the center of a reflector is reflected by the total reflection mirror 22 which carried out the configuration which swelled slightly is shown. It is reflected where a concave surface is maintained, and the concave surface wave 21 turns into the convex wave 23 which goes leftward in drawing. And it is returned to a plane wave 19 by re-passing through said window 16. Thus, distortion of the wave front of a laser beam 3 also changes variously by combining the optic which has various properties.

[0008] Since incidence will be carried out at the include angle from which a laser beam 3 differs into each slot of a grating 10 when such a convex wave 23 and the concave surface wave 21 carry out incidence to the grating 10 of a flat configuration, the wavelength selection engine performance by the grating 10 will be reduced. For this reason, phenomena, like said line breadth spreads occur, and narrow-band-ization does not die well, but the wavelength property of laser falls.

[0009] Then, he amends the wavelength selection properties and is trying to acquire said good wavelength property in said conventional technique by bending a grating 10 with the curvature actuator which is not illustrated to the irregularity of the wave front of the laser beam 3 which carries out incidence to a grating 10. This is called wave-front amendment.

[0010] Said wave-front amendment is explained to a detail based on drawing 18. This drawing is the detail drawing of the narrow-band-ized unit 12. Here, the beam expander 9 shall become the grating wave front 15 which has the concave surface

wave on which the center was dented, when the incident wave side 32 which prism 7A and prism 7B shall be consisted of, and carried out incidence to this as shown in this drawing passes said beam expander 9. The force of drawing Nakaya mark 10a is applied to a grating 10, and he incurvates a convex and is trying to double the front face in parallel with said concave surface wave with said conventional technique with said curvature actuator which is not illustrated to this. Thereby, since a laser beam 3 carries out incidence to each slot of a grating 10 at an almost equal include angle, a good wavelength property can be acquired. What is necessary is making it just incurvate the front face of a grating 10 on a concave surface conversely, if the grating wave front's 15 is a convex wave.

[0011]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, there are the following troubles in wave-front amendment in said conventional technique.

[0012] First, although only bending of a grating 10 is performing said wave-front amendment with the conventional technique, a grating 10 may be damaged by this bending. Moreover, the precise slot is minced by the front face of a grating 10, and a limitation is located in the tolerance of the curvature bent without reducing the wavelength selection engine performance. Therefore, when distortion of the grating wave front 15 becomes larger than said tolerance, by this approach, it becomes impossible to perform wave-front amendment to the grating wave front 15, and said wavelength property of excimer laser 4 falls.

[0013] Moreover, said wave-front amendment carries said narrow-band-ized unit 12 in excimer laser 4, oscillates excimer laser 4, and it must be performed, measuring the wavelength property. Therefore, the effectiveness of wave-front amendment is unknown until it makes it actually oscillate, and when wave-front amendment does not die well, in order to have to exchange some optics of said narrow-band-ized unit 12 and to have to re-measure a wavelength property, investigation of a cause takes a long time. Moreover, since skill is needed for said wave-front amendment, the result of wave-front amendment changes with operators, and dispersion in the repeatability about a wavelength property becomes large.

[0014] Furthermore, even if each optic of extent which distorts a wave front is not large, distortion of said wave front may be amplified by combining these. With the conventional technique, each optic is combined at random and the grating 10 is performing wave-front amendment corresponding to distortion of the wave front produced as a result. Therefore, if the property of each optic is unknown and selection of combination is mistaken, the cost of that a suitable optic may be judged to be unsuitable and may be abandoned and components purchase will increase.

[0015] This invention is made paying attention to the above-mentioned trouble, and aims at offering the narrow-band oscillation excimer laser which can be constituted with the combination of the optic for excimer laser with which the wave front was optimized, and its wave-front optimization approach.

[0016]

[Means for Solving the Problem and its Function and Effect] In order to attain the above-mentioned purpose, invention according to claim 1 Wave-front property W which is the configuration of the outgoing radiation wave front 41 at the time of carrying out incidence of the known wave front to each optic in the narrow-band oscillation excimer laser 4 which performs a narrow-band oscillation (X, Y) It measures. Each of this wave-front property W (X, Y) It is based and the wave-front configuration KL (X, Y) of the laser wave front 39 which is a wave front of the laser beam 3 which carries out outgoing radiation from excimer laser 4 is calculated. It has the optic chosen and adjusted so that the wave-front configuration KL (X, Y) of this laser wave front 39 might turn into a predetermined configuration.

[0017] A wave-front property is measured about each optic of excimer laser, and he chooses and combines an optic based on this, and is trying for the wave-front configuration of the laser wave front which carries out outgoing radiation to turn into a predetermined configuration from excimer laser according to invention according to claim 1. since the wave-front configuration of a laser wave front has the optimal configuration to a wavelength property — this — actually — an oscillation — not carrying out — ** — a wavelength property — or it can optimize so that it may store in the predetermined range, and the laser beam of good optical grace can be obtained.

[0018] Moreover, have the narrow-band-ized unit 12 which has an optic for invention according to claim 2 to perform narrow-band-ization, and it sets to the narrow-band oscillation excimer laser 4 which performs a narrow-band oscillation. Wave-front property W which is the configuration of the outgoing radiation wave front 41 at the time of carrying out incidence of the known wave front to each optic (X, Y) It measures. Each of this wave-front property W (X, Y) It is based and the wave-front configuration KU (X, Y) of the unit wave front 34 which is a wave front of the laser beam 3 which carries out outgoing radiation from the narrow-band-ized unit 12 is calculated. It has the optic of the narrow-band-ized unit 12 chosen and adjusted so that the wave-front configuration KU (X, Y) of this unit wave front 34 might turn into a predetermined configuration.

[0019] A wave-front property is measured about each optic of a narrow-band-ized unit, and he chooses and combines an optic based on this, and is trying for the wave-front configuration of the unit wave front which carries out outgoing radiation to turn into a predetermined configuration from a narrow-band-ized unit according to invention according to claim 2. since the wave-front configuration of a unit wave front has the optimal configuration to a wavelength property — this — actually — an oscillation — not carrying out — ** — a wavelength property — or it can optimize so that it may store in the predetermined range, and the laser beam of good optical grace can be obtained.

[0020] Moreover, invention according to claim 3 is set to the narrow-band oscillation excimer laser 4 which has the beam expander 9 which operates the oscillated laser beam 3 orthopedically, and the grating 10 which carries out incidence of the outgoing radiation light of the beam expander 9, and narrow-band-izes it. Wave-front property W which is the configuration of the outgoing radiation wave front 41 at the time of carrying out incidence of the known wave front to each optic (X, Y) It measures. Each of this wave-front property W (X, Y) It is based and the wave-front configuration KG of the grating wave front 15 which is the component which constitutes the wave front of the laser beam 3 which carries out outgoing radiation from said beam expander 9 (X, Y) is calculated. It has the optic of said beam expander 9 chosen and adjusted so that the wave-front configuration KG of this grating wave front 15 (X, Y) might turn into a predetermined configuration.

[0021] According to invention according to claim 3, a wave-front property is measured about each optic, an optic is chosen and combined based on this, and it is made to make the wave-front configuration of the laser beam which carries out outgoing radiation of the beam expander, and carries out incidence to a grating into a predetermined configuration. Thereby, since it becomes unnecessary to bend a grating greatly for wave-front amendment, the wavelength selection properties of a grating do not fall but wave-front amendment can be performed suitably. Moreover, the laser beam of good optical grace can be obtained.

[0022] Moreover, in the narrow-band oscillation excimer laser 4 which performs a narrow-band oscillation, invention according to claim 4 measured the wave-front configuration KL (X, Y) of the laser wave front 39 which is the outgoing radiation wave front 41 at the time of carrying out incidence of the known wave front to said narrow-band oscillation excimer laser 4, and is equipped

with an adjustment means to adjust a wave front so that this wave-front configuration KL (X, Y) may turn into a predetermined configuration.

[0023] According to invention according to claim 4, the wave-front configuration of the laser wave front which is an outgoing radiation wave front at the time of carrying out incidence of the known wave front to narrow-band oscillation excimer laser is measured, and the optic is adjusted so that it may become a predetermined configuration about this. Since the wave-front configuration of a laser wave front has the optimal configuration to a wavelength property — this — actually — an oscillation — not carrying out — ** — a wavelength property — or it can optimize so that it may store in the predetermined range, and the laser beam of good optical grace can be obtained. Moreover, it is possible for it not to be based on said wave-front property of each optic, but to optimize the whole excimer laser.

[0024] Moreover, have the narrow-band-ized unit 12 which has an optic for invention according to claim 5 to perform narrow-band-ization, and it sets to the narrow-band oscillation excimer laser 4 which performs a narrow-band oscillation. The wave-front configuration KU (X, Y) of the unit wave front 34 which is the outgoing radiation wave front 41 at the time of carrying out incidence of the known wave front to said narrow-band-ized unit 12 was measured, and it has the narrow-band-ized unit 12 which has an adjustment means to adjust a wave front so that this wave-front configuration KU (X, Y) may turn into a predetermined configuration.

[0025] According to invention according to claim 5, the wave-front configuration of the unit wave front which is an outgoing radiation wave front at the time of carrying out incidence of the known wave front to said narrow-band-ized unit is measured, and the optic is adjusted so that it may become a predetermined configuration about this. Since the wave-front configuration of a unit wave front has the optimal configuration to a wavelength property, it can optimize a wavelength property, or can store it in the predetermined range, without actually oscillating by this, and can obtain the laser beam of good optical grace. Moreover, it is possible for it not to be based on said wave-front property of each optic, but to optimize the whole narrow-band-ized unit.

[0026] Moreover, invention according to claim 6 is set to the wave-front optimization approach of the narrow-band oscillation excimer laser 4 which performs a narrow-band oscillation. Wave-front property W which is the configuration of the outgoing radiation wave front 41 at the time of carrying out incidence of the known wave front (X, Y) It measures to each optic. Each of this wave-front property W (X, Y) Wave-front configuration K at the time of being based and combining each optic (X, Y) It calculates and is this wave-front configuration K (X, Y). It is made to choose said each optic so that it may become a predetermined configuration.

[0027] According to invention according to claim 6, a wave-front property is measured to each optic, when these optics are combined, the wave-front configuration of the laser beam which carries out outgoing radiation from these optics is drawn by the operation, and the optic is chosen so that this may serve as a predetermined configuration. Since the wave-front configuration of an optic has the optimal configuration to a wavelength property, it can choose the combination of a suitable optic thereby beforehand, can assemble excimer laser, and can obtain the laser beam of good optical grace.

[0028] Moreover, invention according to claim 7 is set to the wave-front optimization approach of the narrow-band oscillation excimer laser 4 which performs a narrow-band oscillation. Assemble the narrow-band-ized unit 12 and the wave-front configuration KU (X, Y) of the unit wave front 34 which is the outgoing radiation wave front 41 at the time of carrying out incidence of the known wave front to said narrow-band-ized unit 12 is measured to said assembled narrow-band-ized unit 12. It is made to adjust an optic so that this wave-front configuration KU (X, Y) may turn into a predetermined configuration.

[0029] According to invention according to claim 7, a narrow-band-ized unit is assembled, the wave-front configuration of the unit wave front which is an outgoing radiation wave front at the time of carrying out incidence of the known wave front to this narrow-band-ized unit is measured, and each optic of a narrow-band-ized unit is adjusted so that this may become a predetermined configuration. Since the wave-front configuration of this narrow-band-ized unit has the optimal configuration to a wavelength property, the laser beam of good optical grace can be obtained by adjusting this to a predetermined configuration. Moreover, since it can adjust before carrying the assembled optic in laser, after being able to store a wavelength property in the predetermined range and carrying it, without actually oscillating, it does not say that adjustment does not die well and adjustment time amount can be shortened. Moreover, the power for an oscillation is unnecessary at the time of adjustment, and the cost for adjustment can be reduced at it.

[0030] Moreover, invention according to claim 8 is set to the wave-front optimization approach of the narrow-band oscillation excimer laser 4 which performs a narrow-band oscillation. Assemble the narrow-band oscillation excimer laser 4, and the wave-front configuration KL (X, Y) of the laser wave front 39 which is the outgoing radiation wave front 41 at the time of carrying out incidence of the known wave front to this narrow-band oscillation excimer laser 4 is measured to said assembled excimer laser 4. It is made to adjust an optic so that this wave-front configuration KL (X, Y) may turn into a predetermined configuration.

[0031] According to invention according to claim 8, narrow-band oscillation excimer laser is assembled, the wave-front configuration of the laser wave front which is an outgoing radiation wave front at the time of carrying out incidence of the known wave front to this excimer laser is measured, and each optic of excimer laser is adjusted so that this may become a predetermined configuration. Since the wave-front configuration of excimer laser has the optimal configuration to a wavelength property, the laser beam of good optical grace can be obtained by adjusting this to a predetermined configuration. Moreover, since it can adjust before carrying the assembled optic in laser, after being able to store a wavelength property in the predetermined range and carrying it, without actually oscillating, it does not say that adjustment does not die well and adjustment time amount can be shortened. Moreover, the power for an oscillation is unnecessary at the time of adjustment, and the cost for adjustment can be reduced at it.

[0032]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the operation gestalt concerning this invention is explained to a detail, referring to drawing. In addition, what attached the same sign in drawing shall express the same configuration as the conventional technique.

[0033] The 1st operation gestalt is explained based on drawing 1 - drawing 2. The configuration at the time of measuring the property of the prism 7 which is the measuring object 8 with the Fizeau interferometer to drawing 1 is shown. In this drawing, the laser beam 29 oscillated from the argon double wave laser 25 with the oscillation wavelength near the oscillation wavelength of 248nm which is the oscillation wavelength of KrF excimer laser is made into criteria light, the diffusion lens 26, a beam splitter 28, and a collimator lens 27 are made to penetrate, this laser beam 29 is expanded, and incidence of the expanded plane wave 40 is carried out to the reference mirror 31 which consists of a partial transparency mirror. Precision polish of both sides is carried out in parallel, and this reference mirror 31 is suppressing distortion of the wave front by transparency or reflection to the minimum.

[0034] A part is reflected by said reference mirror 31, and said laser beam 29 turns into a reference beam, and a part penetrates

the reference mirror 31 and it carries out incidence to the prism 7 which is the measuring object 8. If the wave front of the light which penetrated prism 7 is made into the outgoing radiation wave front 41, this carries out incidence at right angles to a mirror 24, and is reflected, said prism 7 will be penetrated to the reverse sense, incidence will be carried out to the reference mirror 31 at the reverse sense, and it will become a measuring beam with a wave front 42. Precision polish of the front face is evenly carried out like said reference mirror 31, and he is trying for a mirror 24 to reflect the wave front of the light which carried out incidence in a form as it is.

[0035] Here, it is reflected in the drawing Nakashita sense by the beam splitter 28, and said reference beam and measuring beam carry out image formation of the interference fringe 33 which passes the image formation lens 35 and includes wave-front information to CCD camera 36. Moreover, based on the command from the interferometer controller 38 equipped with CPU, by driving the piezo actuator 30 using a piezo-electric element, said reference mirror 31 can be moved slightly to Z shaft orientations in drawing, and said interference fringe 33 moves it with this migration. By analyzing the image of this interference fringe 33 by said interferometer controller 38, the configuration of the wave front 42 of a measuring beam can be known, and the configuration of the outgoing radiation wave front 41 can be calculated from here. When carrying out incidence of the plane wave 40 to this prism 7, the configuration of the outgoing radiation wave front 41 is a thing showing what kind of outgoing radiation wave front 41 carries out outgoing radiation, can be expressed as a function of the inside X of drawing, and a Y-axis, and calls this function the wave-front property $W_p(X, Y)$ of prism 7. Moreover, this wave-front property $W_p(X, Y)$ is approximated by the operation in the interferometer controller 38 on a curved surface, and it is the radius of curvature R_p of the outgoing radiation wave front 41. Computing is also possible. Thus, the Fizeau interferometer shown in this drawing can be used as a wave-front property measuring device 20 which measures the wave-front property $W_p(X, Y)$ of prism 7.

[0036] the incident wave side 32 which carries out incidence to the narrow-band-ized unit 12 at this time as shown in said drawing 18 — a plane wave — it is — said measurement — the wave-front property W of Prism 7A and 7B (X, Y) — respectively — the wave-front property $W_pA(X, Y)$ and wave-front property $W_pB(X, Y)$ it was — supposing — the configuration of the grating wave front 15 which carries out incidence to a grating 10 can be expressed as a function of the inside X of drawing, and a Y-axis. This function is expressed with the wave-front configuration $KG(X, Y)$, a call, and the following several 1. [Equation 1] $KG(X, Y) = W_pA(X, Y) + W_pB(X, Y)$ (X, Y) W , i.e., the wave-front property of each optic, Wave-front configuration K of the wave front which passed or reflected these optics by measuring (X, Y) It can know.

[0037] Moreover, radius of curvature RG of the wave-front configuration KG of this grating wave front 15 (X, Y) to the grating wave front 15 It can calculate. This radius of curvature RG If it can store in the tolerance to which the wavelength selection properties of a grating 10 do not fall, it is possible to perform said wave-front amendment.

[0038] Said wave-front property W of each optic which constitutes the narrow-band-ized unit 12 in drawing 2 (X, Y) is measured, and it is said radius of curvature RG . A flow chart shows an example of the procedure for storing in said tolerance. First, each wave-front property $W_pA(X, Y)$ of the prism 7A and 7B which carried out [above-mentioned] selection using the wave-front property measuring device 20 as the prism 7A and 7B used for the narrow-band-ized unit 12 is selected (step S1) and said drawing 1 explained and $W_pB(X, Y)$ It measures (step S2) and they are the radius of curvatures RA and RB of each wave front from there. It calculates (step S3). Next, these radius of curvatures RA and RB It checks whether it goes into predetermined tolerance (step S4), an optic is newly selected about what is not contained in tolerance (step S5), and it returns to step S2, and is the wave-front property $W(X, Y)$. It measures again. It is because it can judge that that from which, as for this, the radius of curvature R of said outgoing radiation wave front 41 has shifted [tolerance] has bad process tolerance, or the interior is distorted. The wave-front configuration KG of the grating wave front 15 which will carry out incidence to a grating 10 according to said-one number if the radius of curvature R of each optic is in tolerance at step S3 (X, Y) is searched for (step S6), and it is the radius of curvature RG of the grating wave front 15. It asks (step S7). Here, it is this radius of curvature RG . Since said wave-front amendment does not die well even if it bends a grating 10, if it checks whether it goes into predetermined tolerance (step S9) and does not go into tolerance, if it returned to step S1, selection of components was redone and it enters in tolerance, the narrow-band-ized unit 12 will be assembled using these components (step S11).

[0039] In said procedure, when the beam expander 9 contains other optics in addition to two prism 7A and 7B It is the wave-front property W of those optics (X, Y) at step S2. Measure and radius of curvature R is searched for. It is each wave-front property $W(X, Y)$ like [in case it checks that they are in tolerance by step S4 and the wave-front configuration KG of the grating wave front 15 (X, Y) is searched for at step S6] several 1. What is necessary is to carry out the guide peg of all and just to make it double.

[0040] Thus, according to this operation gestalt, it is the wave-front property $W(X, Y)$ about each optic first. It measures and they are those wave-front properties $W(X, Y)$. By adding, the wave-front configuration KG of the grating wave front 15 which carries out incidence to a grating 10 (X, Y) is searched for, and it is radius of curvature RG from there. It calculated, and the optic is selected so that this may be settled in predetermined tolerance. Thereby, the suitable components for said narrow-band-izing can be selected in a short time, without actually assembling the narrow-band-ized unit 12. Then, said radius of curvature RG Since it is settled in predetermined tolerance, it is possible to bend a grating 10 and to perform said wave-front amendment, and the excimer laser 4 of good optical grace can be obtained. Moreover, it is also possible to acquire a good wavelength property, without bending a grating 10.

[0041] Next, the 2nd operation gestalt is explained based on drawing 3 - drawing 7. In addition, what attached the same sign in drawing shall express the same configuration as the conventional technique and said operation gestalt. The configuration of the excimer laser 4 concerning the 2nd operation gestalt is shown in drawing 3. As shown in this drawing, said narrow-band-ized unit 12 of this excimer laser 4 consists of prism 7A, 7B, and 7C, a mirror 37, and a grating 10. While passing Prism 7A and 7B, the path can be extended, it reflects by the mirror 37, and by prism 7C, the laser beam 3 which carried out outgoing radiation from the rear window 5 like said operation gestalt can extend the path again, and it carries out incidence to a grating 10. The mirror 37 is pivotable in the drawing Nakaya mark direction by the rotation actuator which is not illustrated, and can change the selection wavelength of a grating 10 by this rotation. The grating 10 is performing said narrow-band-ization by oscillating only the predetermined wavelength which the include angle to the optical path of a laser beam 3 was controlled by the include-angle actuator which is not illustrated, and was chosen by it. Moreover, it is possible to bend a grating 10 and to perform said wave-front amendment with the curvature actuator which is not illustrated, like said operation gestalt.

[0042] Said grating 10 and mirror 37 are installed in drawing 4 as the measuring object 8 like the prism 7 of said drawing 1, and the configuration at the time of measuring the wave-front property $W_g(X, Y)$ of a grating 10 and the wave-front property $W_m(X, Y)$ of a mirror 37 is shown. Thus, wave-front property W of each optic which constitutes the narrow-band-ized unit 12 for the Fizeau interferometer shown in this drawing (X, Y) It can use as a wave-front property measuring device 20 to measure.

[0043] It is the wave-front property $W(X, Y)$ of each optic which constitutes the narrow-band-ized unit 12 like said-one number as for this wave-front configuration $KU(X, Y)$ if the wave front of the laser beam 3 which carries out outgoing radiation from the narrow-band-ized unit 12 is made into the unit wave front 34 at this time and that wave-front configuration is made into the wave-front configuration $KU(X, Y)$. It asks by adding in the sequence in alignment with an optical path.

[0044] Then, wave-front property W of each optic which constitutes the narrow-band-ized unit 12 based on said drawing 1 and drawing 4 (X, Y) It measures. Prism 7A, 7B, and 7C, a mirror 37, and wave-front property W of a grating 10 (X, Y) , respectively if $WpA(X, Y)$, $WpB(X, Y)$, $WpC(X, Y)$, $Wm(X, Y)$, and $Wg(X, Y)$, the wave-front configuration $KU(X, Y)$ will be searched for by the following several 2.

[Equation 2] $KU(X, Y) = WpA(X, Y) + WpB(X, Y) + Wm(X, Y) + WpC(X, Y) + Wg(X, Y) + WpC(X, Y) + Wm(X, Y) + WpB(X, Y) + WpA(X, Y)$ — radius of curvature RU of this wave-front configuration $KU(X, Y)$ to the unit wave front 34 It can ask. Here, it is radius of curvature RU . It is flatness FU about the inverse number. It carries out.

[0045] The relation between said line breadth of excimer laser 4 and the flatness FU of said unit wave front 34 is shown in drawing 5. Said flatness FU The point set to 0 is a point that said unit wave front 34 serves as a plane wave. From this drawing, it is flatness FU . It is the optimal flatness FU_{op} to the line breadth of excimer laser 4. It turns out that it has. That is, it is flatness FU in order to make line breadth of excimer laser 4 into min. The optimal flatness FU_{op} If it is made in agreement, said unit wave front 34 can be optimized and said line breadth will serve as min. Moreover, in order to hold down line breadth to below a line breadth allowed value required for exposure of a stepper, it is said flatness FU . What is necessary is just to make it store in predetermined tolerance.

[0046] Furthermore, the same optimal flatness FU_{op2} exists too also about the stability (it is also called line breadth purity) of said main wavelength of excimer laser 4. That is, for that purpose, it is said flatness FU that what is necessary is just to both store the stability of said line breadth and main wavelength in predetermined tolerance in order to store said wave-front property in tolerance required for exposure of a stepper. What is necessary is just to make it store in predetermined tolerance.

[0047] Said wave-front property measuring device 20 is used for drawing 6, and a flow chart shows an example of the procedure which optimizes said unit wave front 34. First, as said prism 7A, 7B, and 7C, a mirror 37, and a grating 10 are selected (step S21), next said drawing 1 and drawing 4 explained, an interferometer is used, and it is the wave-front property W of each of said optic (X, Y) . It measures (step S22) and the radius of curvature R of the outgoing radiation wave front 41 of each optic is calculated (step S23). Next, it checks whether these radius of curvatures R are contained in predetermined tolerance (step S24), an optic is newly selected about what is not contained in tolerance (step S25), and it returns to step S22, and is the wave-front property $W(X, Y)$. Re-measurement is performed. If said radius of curvature R is in tolerance at step S24, according to said-two number, the wave-front configuration $KU(X, Y)$ of said unit wave front 34 will be searched for (step S26), and it is said flatness FU . It asks (step S27). Here, it is this flatness FU . If it checks whether it goes into predetermined tolerance (step S29), and it does not go into tolerance, and it returned to step S21, selection of components was redone and it enters in tolerance, the narrow-band-ized unit 12 will be assembled using these components (step S31).

[0048] At this time, an example which added the procedure explained to the procedure of this drawing by drawing 2 in said operation gestalt is shown in drawing 7. That is, after inserting the part enclosed with a dotted line between step S24 and step S26 and checking that the radius of curvature R of each optic is in tolerance, the wave-front configuration KG of said grating wave front 15 (X, Y) is searched for (step S33). This is based on the following several 3.

[Equation 3] $KG(X, Y) = WpA(X, Y) + WpB(X, Y) + Wm(X, Y) + WpC(X, Y)$ — and Radius of curvature RG of the grating wave front 15 which carries out incidence to a grating 10 from this wave-front configuration $KG(X, Y)$ It asks (step S34). If this checks whether it is in predetermined tolerance (step S35), and is not contained in tolerance, and it returned to step S21, selection of components was redone and it enters in tolerance, it will shift to step S26 and said wave-front configuration $KU(X, Y)$ will be searched for.

[0049] Thus, according to this operation gestalt, it is the wave-front property $W(X, Y)$ about each optic of the narrow-band-ized unit 12. The wave-front configuration $KU(X, Y)$ of the unit wave front 34 which it measures and are those sums to said flatness FU It asked, and the optic is selected so that this may be settled in predetermined tolerance. As explained to said drawing 5, it is this flatness FU . Said wavelength property can be stored in the predetermined range by having an optimum value about the wavelength property of excimer laser 4, and storing this in the predetermined range. Namely, this flatness FU By selecting the optic of the narrow-band-ized unit 12 so that it may become predetermined tolerance, it can store in the range of which the narrow-band-ized optical grace of a laser beam 3 is required.

[0050] Next, the 3rd operation gestalt is explained based on drawing 8. In addition, what attached the same sign in drawing shall express the same configuration as the conventional technique and said operation gestalt.

[0051] Drawing 8 is a block diagram at the time of measuring the wave-front configuration $KU(X, Y)$ of the unit wave front 34 which makes the narrow-band-ized unit 12 shown in said drawing 3 the measuring object 8, and carries out outgoing radiation after this using said wave-front property measuring device 20. In this drawing, the laser beam 29 which passed the reference mirror 31 like said drawing 1 passes Prism 7A and 7B, and it reflects by the mirror 37, and it passes prism 7C, and it carries out incidence to a grating 10. The light reflected by the grating 10 passes along the aforementioned optical path in the reverse sense, and it carries out incidence to the reference mirror 31 as a measuring beam. Said wave-front configuration $KU(X, Y)$ is measurable by carrying out image formation of the interference fringe 33 formed of the measuring beam and said reference beam on said CCD camera 36, and analyzing this by said interferometer controller 38. At this time, each above-mentioned optic may be selected at random, and may use the optic selected in a procedure which was explained in said 2nd operation gestalt.

[0052] That is, with this operation gestalt, the wave-front configuration $KU(X, Y)$ searched for by the operation in the procedure shown in said drawing 6 is actually measured with the wave-front property measuring device 20. And said flatness FU Said curvature actuator adjusts the curvature of a grating 10, calculating, and it is this flatness FU . While storing in said predetermined tolerance, it is said optimal flatness FU_{op} about this. It can bring close further.

[0053] Moreover, at this time, not only the grating 10 but said mirror 37 is equipped with a curvature actuator, and it is said flatness FU . It is also possible to adjust the curvature of this mirror 37 and to optimize said wave-front configuration $KU(X, Y)$, measuring. Moreover, temperature control components, such as a Peltier device, are stuck on said each prism 7 (7A, 7B, 7C, etc.), and it is said flatness FU . It is also possible to control this temperature, to change the wave-front property $Wp(X, Y)$ of prism 7, measuring, and to optimize said wave-front configuration $KU(X, Y)$.

[0054] Thus, at said 1st and 2nd operation gestalt, it is the wave-front property W of each optic (X, Y) . To having been based and having selected the optic, with this operation gestalt, the narrow-band-ized unit 12 was assembled and the wave-front configuration $KU(X, Y)$ of the wave front which carries out outgoing radiation from the narrow-band-ized unit 12 is measured

with the wave-front property measuring device 20. And it is based on this wave-front configuration KU (X, Y), and is flatness FU. Calculating, the curvature and temperature of each optic are adjusted and said wave-front amendment is performed so that this may be stored within the limits of predetermined. Thus, since the wave-front configuration KU (X, Y) can be optimized further, optical grace of the laser beam 3 which carries out outgoing radiation from excimer laser 4 can be made still better.

[0055] Moreover, since according to this operation gestalt it can carry out before carrying adjustment of the narrow-band-ized unit 12 in excimer laser 4, after carrying, it does not say that adjustment does not die well and adjustment time amount can be shortened. Moreover, the power for an oscillation is unnecessary at the time of adjustment, and the cost for adjustment can be reduced at it. Moreover, since it is possible to adjust and carry the narrow-band-ized unit 12 in a location different from excimer laser 4, when a problem occurs in the wavelength property of excimer laser 4, adjustment time amount can be shortened by exchanging the narrow-band-ized unit 12 for an adjusted thing beforehand, for example, the down times, such as a stepper, can be shortened. moreover, the result of having carried out wave-front amendment of said narrow-band-ized unit 12 — for example, flatness FU ** — since it is lost that can set up the desired value of amendment since the numeric value to say is estimating, and the degree of wave-front amendment changes with an operator's levels of skill, the wave-front amendment with sufficient repeatability is possible.

[0056] Next, the 4th operation gestalt is explained based on drawing 9 - drawing 12. In addition, what attached the same sign in drawing shall express the same configuration as the conventional technique and said operation gestalt. Drawing 9 is the block diagram of the excimer laser 4 by this operation gestalt, and is equipped with four prism 7A-7D in the narrow-band-ized unit 12. They are [wave front / by which outgoing radiation is carried out from this excimer laser 4] radius of curvature RL and radius of curvature RL in the configuration of the laser wave front 39 and the laser wave front 39 about the radius of curvature R of the wave-front configuration KL (X, Y) and the laser wave front 39. It is flatness floor line about the inverse number. It carries out.

[0057] Said line breadth of excimer laser 4 and relation with said laser wave-front flatness floor line are shown in drawing 10 here. Laser wave-front flatness floor line The point set to 0 is a point that said laser wave front 39 serves as a plane wave. It is said flatness floor line like [drawing / this] said drawing 5. It is the optimal flatness F_{lop} to the line breadth of excimer laser 4. It turns out that it has. That is, in order to make line breadth of excimer laser 4 into min, it is flatness floor line. The optimal flatness F_{lop} What is necessary is to make it in agreement and just to optimize said laser wave front 39. Moreover, in order to hold down said line breadth to below a line breadth allowed value required for exposure of a stepper, it is said flatness floor line. What is necessary is just to make it store in predetermined tolerance.

[0058] Moreover, the same optimal flatness F_{lop2} exists too also about the stability of said main wavelength of excimer laser 4. That is, for that purpose, it is said flatness floor line that what is necessary is just to both store the stability of said line breadth and main wavelength in predetermined tolerance in order to store said wavelength property in tolerance required for exposure of a stepper. What is necessary is just to make it store in predetermined tolerance.

[0059] A flow chart shows an example of the procedure which uses said wave-front property measuring device 20 for drawing 11, and optimizes said laser wave front 39. First, as Prism 7A, 7B, 7C, and 7D, a mirror 37, a grating 10, the rear window 5, the front window 13, and the front mirror 14 are selected (step S41), next said drawing 1 and drawing 4 explained, an interferometer is used, and it is the wave-front property W of each of said optic (X, Y). It measures (step S42) and the radius of curvature R of each optic is searched for (step S43). Next, it checks whether the radius of curvature R of each optic is contained in predetermined tolerance (step S44), an optic is newly selected about what is not contained in tolerance (step S45), and it returns to step S41, and is the wave-front property W of each optic (X, Y). It measures. If the radius of curvature R of each optic is in tolerance at step S44, the wave-front property W of each optic (X, Y) will be added in order of the bill of materials of excimer laser 4, and the wave-front configuration KL (X, Y) of said laser wave front 39 will be calculated (step S46). Furthermore, it is said flatness FU. It asks (step S47) and is this flatness FU. If it checks whether it goes into predetermined tolerance (step S49), and it does not go into tolerance, and it returned to step S41, selection of components was redone and it enters in tolerance, the excimer laser 4 indicated to said drawing 9 using these components will be assembled (step S51).

[0060] Said flatness [in / as this operation gestalt furthermore shows to drawing 12, said wave-front property measuring device 20 is used, and / the laser wave front 39 of excimer laser 4] floor line It has measured.

[0061] In this drawing, the laser beam 29 which passed the reference mirror 31 like said drawing 1 passes the front mirror 14, the front window 13, the rear window 5, and Prism 7A and 7B, and it reflects by the mirror 37, and it passes Prism 7C and 7D, and it carries out incidence to a grating 10. The light reflected by the grating 10 becomes the reverse sense with the laser wave front 39 through the aforementioned optical path, and carries out incidence to the reference mirror 31 as a measuring beam. By carrying out image formation of the interference fringe 33 formed of the measuring beam and said reference beam on said CCD camera 36, and analyzing this by said interferometer controller 38, the wave-front configuration KL (X, Y) of the laser wave front 39 is measured, and it is said flatness floor line. It can calculate.

[0062] Thereby, it is said flatness floor line. The curvature of a grating 10 or a mirror 37 or the temperature of prism 7 is adjusted like the 3rd operation gestalt, measuring, and it is this flatness floor line. Optimizing further is possible.

[0063] Thus, it is each wave-front property W (X, Y) about the optic which constitutes excimer laser 4 according to this operation gestalt. The wave-front configuration KL (X, Y) of the laser wave front 39 which it measures and are those sums to the flatness floor line Each optic of excimer laser 4 is selected so that it may ask and this may become predetermined tolerance. Moreover, flatness floor line of this laser wave front 39 It is this flatness floor line further by adjusting the curvature of the grating 10 and mirror 37 which were mentioned above, or the temperature of prism 7, measuring. Optimizing is possible. Thereby, the narrow-band-ized optical grace of a laser beam 3 can be optimized. Moreover, since it is adjusting by taking into consideration the effect of the diffraction in the edge of said aperture 6 at this time, the laser wave front 39 can be optimized much more correctly.

[0064] moreover, explanation of each above operation gestalt — setting — said wave-front configuration K (X, Y) from, although the radius of curvature R of a wave front is searched for and he is trying to calculate the flatness F which is the inverse number PV value PV which is the difference of the maximum of the point of measurement 43 of the wave front of a laser beam 3, and the minimum value instead of radius of curvature R as shown in drawing 13 at this time It computes, that inverse number is calculated and you may make it store this in tolerance. Moreover, as similarly shown in drawing 14, the rms value which is the square root of total of the square of the distance of the approximation curve 44 of a wave front and point of measurement 43 is computed, and you may make it store this in tolerance. These values can be calculated by analyzing an interference fringe 33, moving the reference mirror 31 by said interferometer controller 38.

[0065] Wave-front property [according to / as explained above / this invention] W of each optic in the narrow-band-ized unit 12 (X, Y) It measures, and he computes the wave-front configuration KG of the grating wave front 15 which totals them and

carries out incidence to a grating 10 (X, Y), and is trying to store the radius of curvature R calculated from now on in predetermined tolerance. Since it is stored in the range which always bends a grating 10 for the radius of curvature R of the grating wave front 15, and can perform said wave-front amendment by this, the excimer laser 4 of good optical grace can be obtained. Moreover, it is also possible to acquire a good wavelength property, without bending a grating 10.

[0066] Moreover, wave-front property [according to this invention] W of each optic in the narrow-band-ized unit 12 (X, Y) It measures and they are those wave-front properties W (X, Y). He computes the wave-front property WU (X, Y) of the unit wave front 34 which carries out outgoing radiation from the narrow-band-ized unit 12 by totaling, and is trying to store this in predetermined tolerance. Thereby, since the wave front of the narrow-band-ized unit 12 can be optimized, the excimer laser 4 of good optical grace can be obtained. Moreover, wave-front property W of each optic (X, Y) Since suitable components are judged to be unsuitable, and are not abandoned and components do not become useless as combination of an optic can be performed appropriately and mentioned above, since it grasped, the cost for manufacturing excimer laser 4 can be reduced.

[0067] The wave-front configuration KU (X, Y) of the unit wave front 34 which furthermore carries out outgoing radiation from the narrow-band-ized unit 12 according to this invention is measured, and it is the flatness FU of this unit wave front 34. The curvature of a grating 10 or a mirror 37 can be adjusted so that it may store in predetermined tolerance and may become close to the optimal flatness Fop if possible. Since the narrow-band-ized unit 12 can be adjusted by this, without oscillating excimer laser 4, while being able to shorten adjustment time amount compared with the case where it is made to actually oscillate, it is flatness FU about extent of said adjustment. Since it can grasp for the numeric value to say, dispersion in adjustment by the operator can decrease and repeatability can be raised.

[0068] Moreover, according to this invention, it is said wave-front property W (X, Y) about all the optics of excimer laser 4. Wave-front configuration K of the laser wave front 39 which carries out outgoing radiation from excimer laser 4 while measuring (X, Y) Since it measures and this is adjusted, the effect of said distortion in all optics can be suppressed.

[0069] In explanation of the above operation gestalt, although the Fizeau interferometer is used as a wave-front property measuring device 20, this invention is not limited to this but may use a Michelson interferometer etc. that what is necessary is just what can measure said wave-front property.

[0070] Moreover, although the wave front which carries out incidence from said wave-front property measuring device 20 was explained as a plane wave 40, this should just be the wave front of known [configuration / of a wave front].

[Translation done.]

* NOTICES *

JP0 and NCIP1 are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The explanatory view of the wave-front property measurement concerning the 1st operation gestalt of this invention.

[Drawing 2] The flow chart which shows an example of a procedure which stores radius of curvature in tolerance.

[Drawing 3] The block diagram of the excimer laser concerning the 2nd operation gestalt.

[Drawing 4] The explanatory view of wave-front property measurement.

[Drawing 5] The explanatory view of the relation between the line breadth of excimer laser, and a wave front.

[Drawing 6] The flow chart which shows an example of the procedure which optimizes a unit wave front.

[Drawing 7] The flow chart which shows an example of the procedure which optimizes a unit wave front.

[Drawing 8] The explanatory view of the radius-of-curvature measurement concerning the 3rd operation gestalt.

[Drawing 9] The block diagram of the excimer laser concerning the 4th operation gestalt.

[Drawing 10] The explanatory view of radius-of-curvature measurement.

[Drawing 11] The flow chart which shows an example of the procedure which optimizes a laser wave front.

[Drawing 12] The explanatory view of wave-front property measurement of excimer laser.

[Drawing 13] The explanatory view of a PV value.

[Drawing 14] The explanatory view of an rms value.

[Drawing 15] The block diagram of the excimer laser by the conventional technique.

[Drawing 16] The explanatory view [wave front] of distortion.

[Drawing 17] The explanatory view [wave front] of distortion.

[Drawing 18] The explanatory view of the wave-front amendment by the conventional technique.

[Description of Notations]

1 [— Excimer laser,] — A chamber, 2 — A discharge electrode, 3 — A laser beam, 4 5 [— Measuring object,] — A rear window, 6 — Aperture, 7 — Prism, 8 9 — A beam expander, 10 — A grating, 12 — Narrow-band-ized unit, 13 — A front window, 14 — A front mirror, 15 — Grating wave front, 16 [— Plane wave,] — A window, 17 — A window, 18 — An optical axis, 19 20 [— Convex wave,] — A wave-front property measuring device, 21 — A concave surface wave, 22 — A total reflection mirror, 23 24 [— Collimator lens,] — A mirror, 25 — Argon double wave laser, 26 — A diffusion lens, 27 28 — A beam splitter, 29 — A laser beam, 30 — Piezo actuator, 31 [— A unit wave front, 35 / — An image formation lens, 36 / — A CCD camera, 37 / — A mirror, 38 / — An interferometer controller, 39 / — A laser wave front, 40 / — A plane wave, 41 / — An outgoing radiation wave front, 42 / — A wave front, 43 / — Point of measurement, 44 / — Approximation curve.] — A reference mirror, 32 — An incident wave side, 33 — An interference fringe, 34

[Translation done.]

* NOTICES *

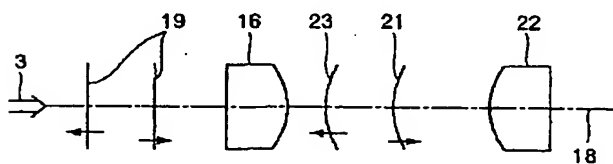
JP0 and NCIP1 are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

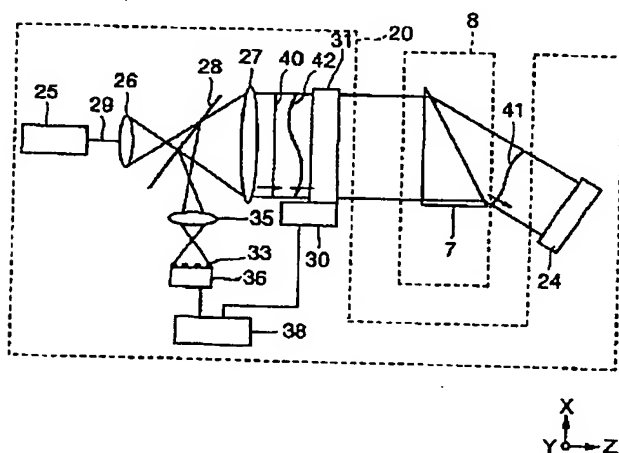
[Drawing 17]

波面の歪みの説明図



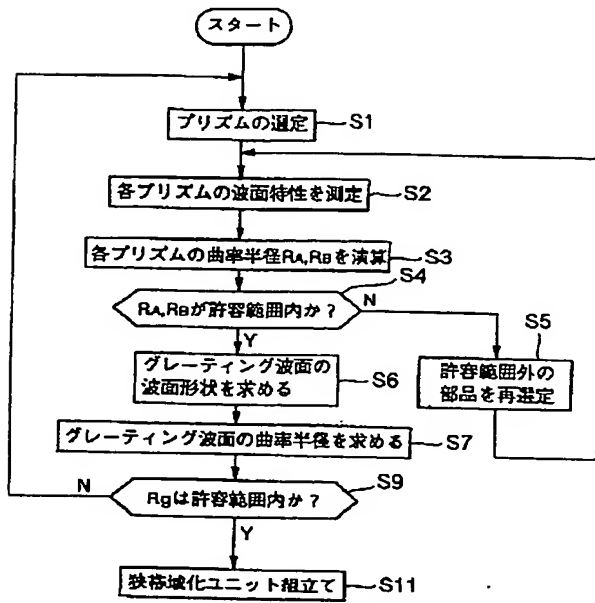
[Drawing 1]

第1の実施形態に係わる波面特性測定の説明図



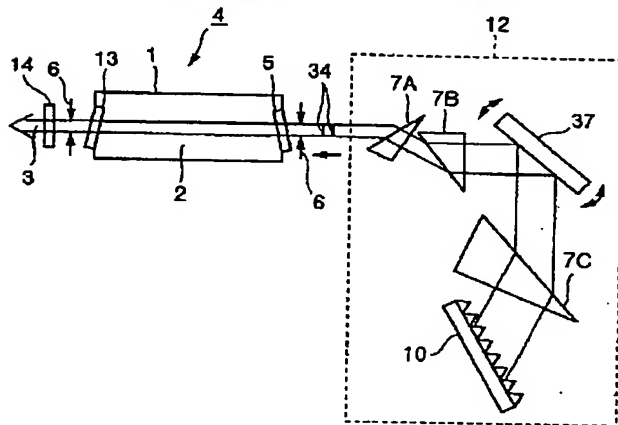
[Drawing 2]

曲率半径を許容範囲に収める手順の一例を示すフローチャート



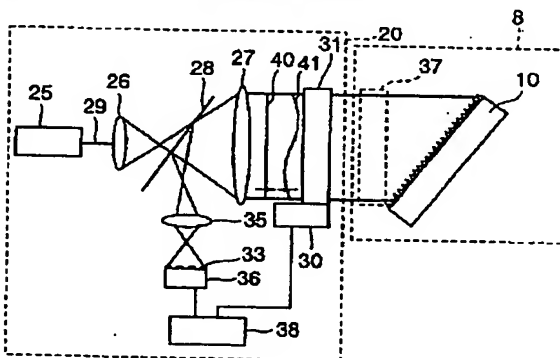
[Drawing 3]

第2の実施形態に係わるエキシマレーザの構成図



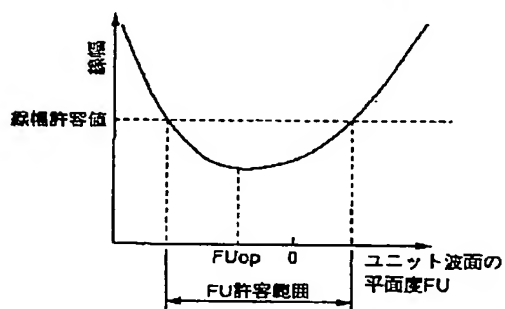
[Drawing 4]

波面特性測定の説明図



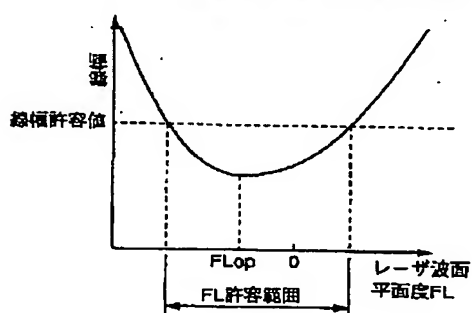
[Drawing 5]

エキシマレーザの線幅と波面との関係の説明図



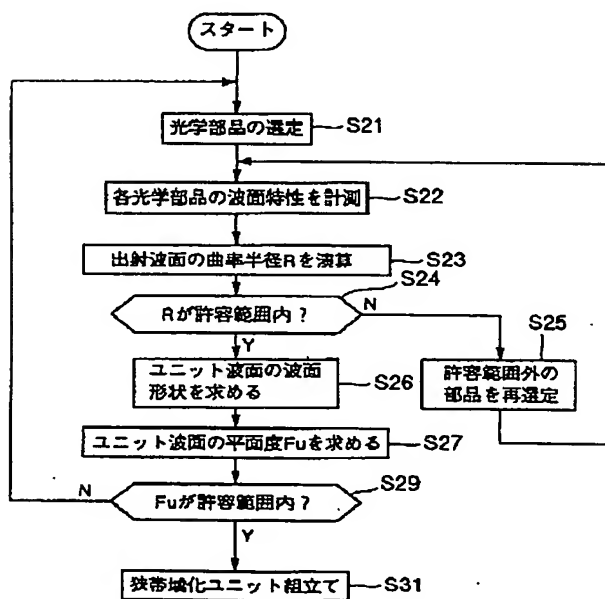
[Drawing 10]

エキシマレーザの線幅と波面との関係の説明図



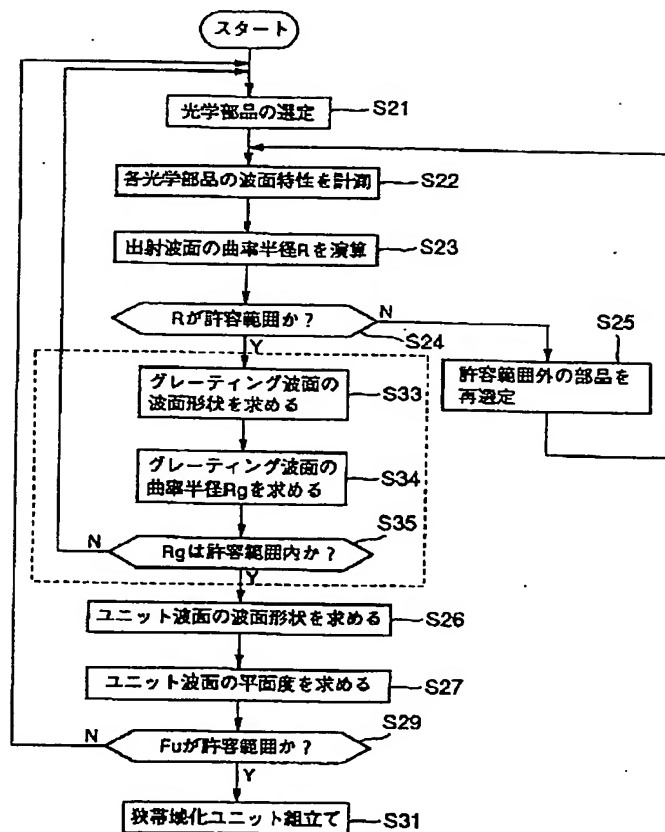
[Drawing 6]

ユニット波面の最適化を行なう手順の一例を示すフローチャート



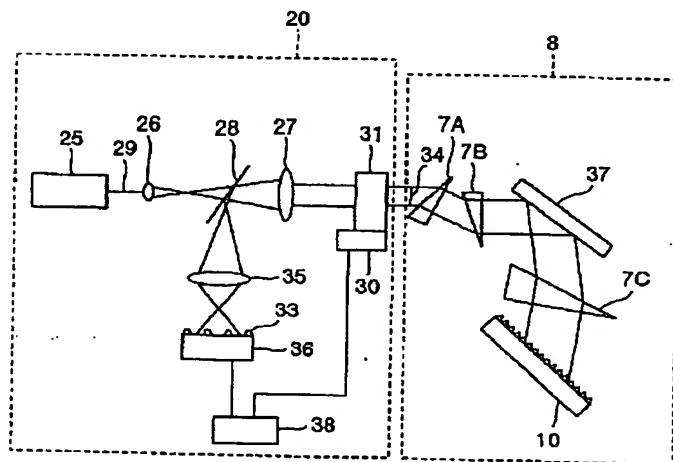
[Drawing 7]

ユニット波面の最適化を行なう手順の一例を示すフローチャート



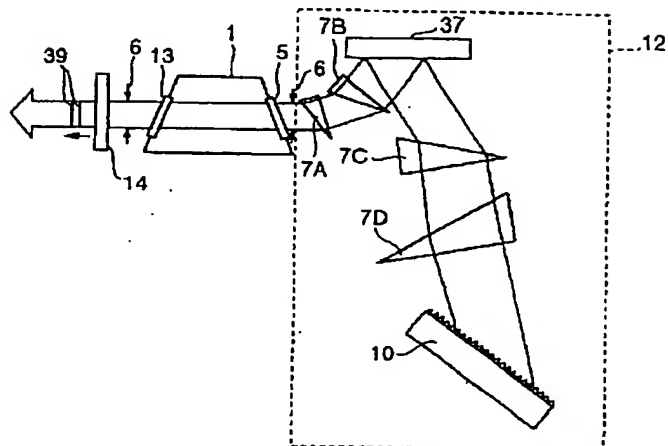
[Drawing 8]

第3の実施形態に係わる波面特性測定の説明図



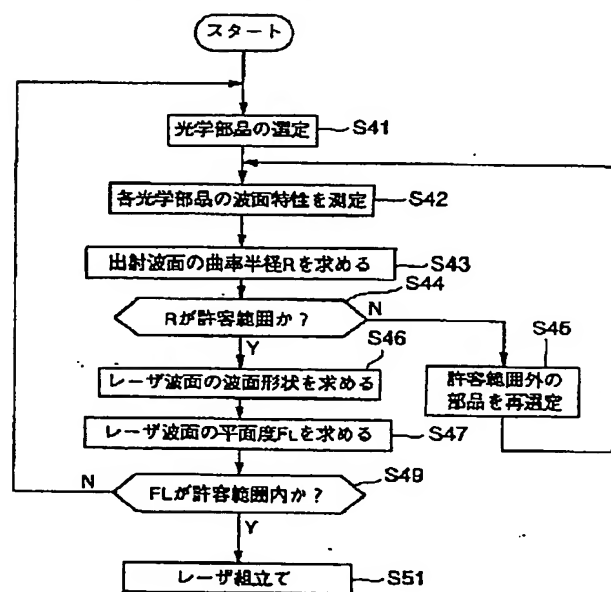
[Drawing 9]

第4の実施形態に係わるエキシマレーザの構成図



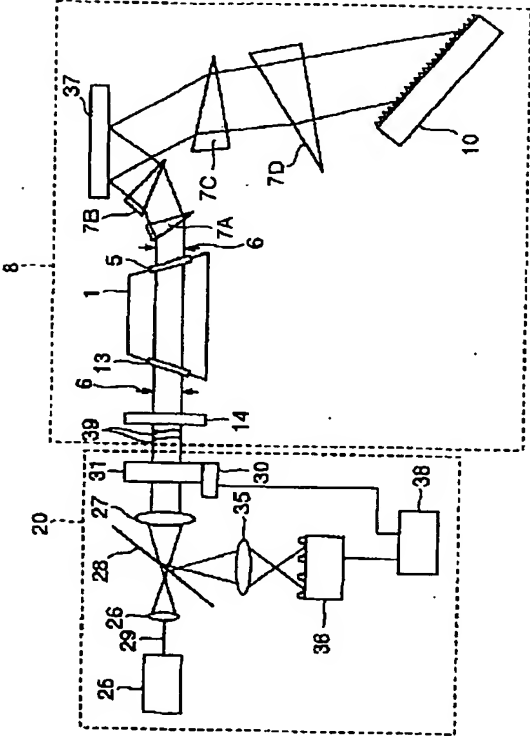
[Drawing 11]

レーザ波面の最適化を行なう手順の一例を示すフローチャート

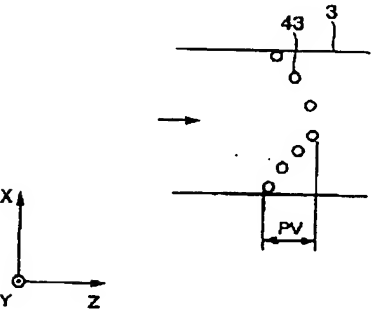


[Drawing 12]

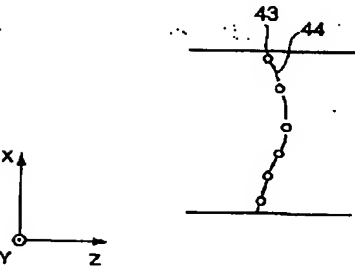
波面特性測定の説明図



[Drawing 13]
PV値の説明図

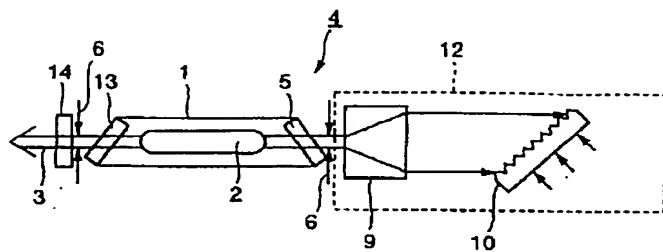


[Drawing 14]
rms値の説明図



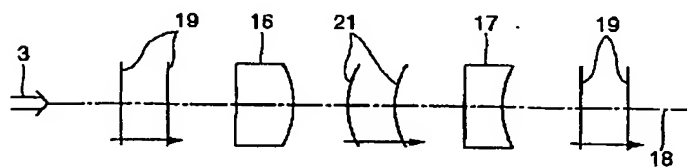
[Drawing 15]

従来技術によるエキシマレーザの構成図



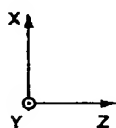
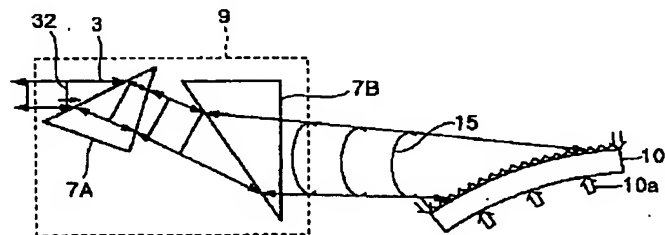
[Drawing 16]

波面の歪みの説明図



[Drawing 18]

従来技術による波面補正の説明図



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-214803

(43) 公開日 平成11年(1999) 8月6日

(51) Int.Cl. ⁴	識別記号	F I	
H 0 1 S 3/225		H 0 1 S 3/223	E
3/1055		3/1055	
3/136		3/136	

審査請求 未請求 請求項の数 8 F D (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願平10-23803	(71) 出願人	000001236 株式会社小松製作所 東京都港区赤坂二丁目3番6号
(22) 出願日	平成10年(1998) 1月20日	(72) 発明者	有我 達也 栃木県小山市横倉新田400 株式会社小松 製作所小山工場内
		(72) 発明者	中池 孝昇 栃木県小山市横倉新田400 株式会社小松 製作所小山工場内
		(72) 発明者	田中 宏和 栃木県小山市横倉新田400 株式会社小松 製作所小山工場内
		(74) 代理人	弁理士 橋爪 良彦

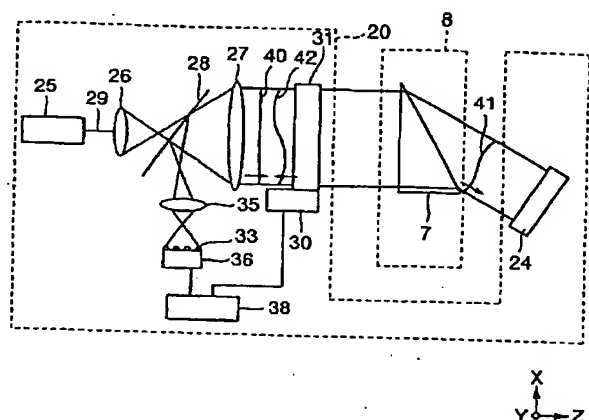
(54) 【発明の名称】 狭帯域発振エキシマレーザ及びその波面最適化方法

(57) 【要約】

【課題】 狭帯域化エキシマレーザにおいて、良質な光品位を得ることのできる光学部品の組み合わせを選定し、この光学部品の特性を調整して波面の最適化を行なう。

【解決手段】 狭帯域発振エキシマレーザの狭帯域化のための狭帯域化ユニット12の各光学部品の波面特性 $W(X,Y)$ を測定し、その波面特性 $W(X,Y)$ を足し合わせることによって、前記狭帯域化ユニット12から出射するユニット波面34の波面形状 $KU(X,Y)$ を演算によって求め、これに基づいて部品選定を行なうとともに、選定した光学部品を組み立てて前記狭帯域化ユニット12を構成し、この波面形状 $KU(X,Y)$ を実測しながら光学部品の曲率を調整して波面の最適化を行なう。

第1の実施形態に係わる波面特性測定の説明図



【特許請求の範囲】

【請求項1】 狭帯域発振を行なう狭帯域発振エキシマレーザ(4)において、

それぞれの光学部品に対して既知の波面を入射させた際の出射波面(41)の形状である波面特性 $W(X,Y)$ を測定し、このそれぞれの波面特性 $W(X,Y)$ に基づいて、エキシマレーザ(4)から出射するレーザ光(3)の波面であるレーザ波面(39)の波面形状 $K_L(X,Y)$ を演算し、このレーザ波面(39)の波面形状 $K_L(X,Y)$ が所定の形状になるように選択及び調整された光学部品を備えたことを特徴とする狭帯域発振エキシマレーザ(4)。

【請求項2】 狭帯域化を行なうための光学部品を有する狭帯域化ユニット(12)を備え、狭帯域発振を行なう狭帯域発振エキシマレーザ(4)において、

それぞれの光学部品に対して既知の波面を入射させた際の出射波面(41)の形状である波面特性 $W(X,Y)$ を測定し、このそれぞれの波面特性 $W(X,Y)$ に基づいて、狭帯域化ユニット(12)から出射するレーザ光(3)の波面であるユニット波面(34)の波面形状 $K_U(X,Y)$ を演算し、このユニット波面(34)の波面形状 $K_U(X,Y)$ が所定の形状になるように選択及び調整された狭帯域化ユニット(12)の光学部品を備えたことを特徴とする狭帯域発振エキシマレーザ(4)。

【請求項3】 発振したレーザ光(3)を整形するビームエキスパンダ(9)と、

ビームエキスパンダ(9)の出射光を入射して狭帯域化するグレーティング(10)とを有する狭帯域発振エキシマレーザ(4)において、

それぞれの光学部品に対して既知の波面を入射させた際の出射波面(41)の形状である波面特性 $W(X,Y)$ を測定し、このそれぞれの波面特性 $W(X,Y)$ に基づいて、前記ビームエキスパンダ(9)を用いたとき出射するレーザ光(3)の波面を構成する成分であるグレーティング波面(15)の波面形状 $K_G(X,Y)$ を演算し、このグレーティング波面(15)の波面形状 $K_G(X,Y)$ が所定の形状になるように選択及び調整された前記ビームエキスパンダ(9)の光学部品を備えたことを特徴とする狭帯域発振エキシマレーザ(4)。

【請求項4】 狭帯域発振を行なう狭帯域発振エキシマレーザ(4)において、

前記狭帯域発振エキシマレーザ(4)に既知の波面を入射させた際の出射波面(41)であるレーザ波面(39)の波面形状 $K_L(X,Y)$ を測定して、この波面形状 $K_L(X,Y)$ が所定の形状になるように波面を調整する調整手段を備えたことを特徴とする狭帯域発振エキシマレーザ(4)。

【請求項5】 狭帯域化を行なうための光学部品を有する狭帯域化ユニット(12)を備え、狭帯域発振を行なう狭帯域発振エキシマレーザ(4)において、

前記狭帯域化ユニット(12)に既知の波面を入射させた際の出射波面(41)であるユニット波面(34)の波面形状 K_U

(X,Y) を測定して、この波面形状 $K_U(X,Y)$ が所定の形状になるように波面を調整する調整手段を有する狭帯域化ユニット(12)を備えたことを特徴とする狭帯域発振エキシマレーザ(4)。

【請求項6】 狭帯域発振を行なう狭帯域発振エキシマレーザ(4)の波面最適化方法において、

既知の波面を入射させた際の出射波面(41)の形状である波面特性 $W(X,Y)$ をそれぞれの光学部品に対して測定し、

このそれぞれの波面特性 $W(X,Y)$ に基づいて、各光学部品を組み合わせた際の波面形状 $K(X,Y)$ を演算し、この波面形状 $K(X,Y)$ が所定の形状となるように前記各光学部品の選択を行なうようにしたことを特徴とする狭帯域発振エキシマレーザ(4)の波面最適化方法。

【請求項7】 狭帯域発振を行なう狭帯域発振エキシマレーザ(4)の波面最適化方法において、

狭帯域化ユニット(12)を組み立て、前記狭帯域化ユニット(12)に既知の波面を入射させた際の出射波面(41)であるユニット波面(34)の波面形状 $K_U(X,Y)$ を前記組み立てられた狭帯域化ユニット(12)に対して測定し、この波面形状 $K_U(X,Y)$ が所定の形状となるように前記光学部品の調整を行なうようにしたことを特徴とする狭帯域発振エキシマレーザ(4)の波面最適化方法。

【請求項8】 狭帯域発振を行なう狭帯域発振エキシマレーザ(4)の波面最適化方法において、

狭帯域発振エキシマレーザ(4)を組み立て、この狭帯域発振エキシマレーザ(4)に既知の波面を入射させた際の出射波面(41)であるレーザ波面(39)の波面形状 $K_L(X,Y)$ を前記組み立てられたエキシマレーザ(4)に対して測定し、この波面形状 $K_L(X,Y)$ が所定の形状となるように前記光学部品の調整を行なうようにしたことを特徴とする狭帯域発振エキシマレーザ(4)の波面最適化方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光学部品を組み合わせさせて狭帯域発振エキシマレーザの波面を最適化する方法、及び波面を最適化された狭帯域発振エキシマレーザに関する。

【0002】

【従来の技術】従来から、半導体製造装置用の縮小投影露光装置（以下ステッパと言う）の光源として、エキシマレーザの実用化が進められている。これは、エキシマレーザの波長が短いことから、加工の際にレンズなどの光学素子によって微細なパターンを解像できるので、より精密な加工が可能であることによる。

【0003】しかしながら、このエキシマレーザから発振する光は、その波長のスペクトル幅である線幅がステッパ用としては広く、しかも中心波長が変動しているの

で、そのままではレンズなどの光学素子を透過する際に色収差や焦点ボケが生じて露光ミスの原因となる。そのため、エキシマレーザの共振器内にグレーティングなどの波長選択素子を搭載して、前記線幅を狭くし、かつ前記中心波長を安定化する狭帯域化という技術が不可欠である。この線幅と中心波長の安定性を、波長特性と総称する。

【0004】図15は、本願出願人が特願平9-174478号（未公開）に開示した技術の一例であり、以下同図に基づいて従来技術を説明する。同図において、エキシマレーザ4のチャンバ1にはレーザガスが封止されており、放電電極2による放電によってエネルギーが供給され、レーザ光3を発振させる。このレーザ光3はリアウィンドウ5から出射し、ビームエキスパンダ9を通過する間にその径が拡げられ、グレーティング10に入射する。グレーティング10は、図示しない角度アクチュエータによってレーザ光3の光路に対する角度が制御されており、選択された所定の波長だけを発振させることで前記狭帯域化を行なっている。ビームエキスパンダ9及びグレーティング10を、狭帯域化ユニット12と総称する。この狭帯域化ユニット12によって波長を制御されたレーザ光3はフロントウィンドウ13を透過し、一部が部分反射ミラーであるフロントミラー14を透過して図中左方向へ出射する。また、このままではレーザ光3の断面形状が放電の状況によって変動するのでステップの露光などに使用するには不適であり、これを所望の形状に整形するため、アパーチャ6が共振器内に挿入されている。

【0005】ところで、前記従来技術によれば、当初は光軸に対して垂直な波面を持つ平面波であったレーザ光3の波面が、レーザ光3が光学部品の内部を通過したり表面で反射したりする間に歪むことが知られている。これは、光学部品の内部の屈折率分布の不均一性やその表面の加工精度の不均一性、或いはアパーチャ6の端部における回折などの原因によるものである。

【0006】以下、図16、図17に基づいて、前記波面の歪みについて説明する。図16に、図中左方から光軸18に対して垂直な垂直波面を持つ平面波19であるレーザ光3が、例えば中央部がわずかに膨らんだ形状をしたウィンドウ16に入射する場合を示す。ガラスの比屈折率がおよそ1.5程度であるため、ガラス中を透過する際には光速がほぼ2/3に低下し、このウィンドウ16の中央部を通過する光はその端部を通過する光に比べて長い距離を通過しなければならないために波面の進行が遅れる。すなわち、ウィンドウ16は、透過するレーザ光3の波面を進行方向に対して中央が凹んだ凹面波21に変化させる特性を持つ。さらにこのレーザ光3が、例えば中央がわずかに凹んだ形状のウィンドウ17に入射すると、このウィンドウ17は前述したウィンドウ16の場合とは反対の理由で透過光の波面を中央が突

出した凸面波にする特性を持つので、レーザ光3の波面は元の平面波19にほぼ戻ることになる。

【0007】次に図17には、図中左方から入射した平面波19を持つレーザ光3が、前記と同様に中央部がわずかに膨らんだウィンドウ16を通過して前記凹面波21に変化した後、反射面の中央がわずかにふくらんだ形状をした全反射ミラー22で反射される場合を示す。凹面波21は凹面を保った状態で反射され、図中左方向へ向かう凸面波23となる。そして、前記ウィンドウ16を再通過することによって平面波19に戻される。このように、さまざまな特性を有する光学部品を組み合わせることによって、レーザ光3の波面の歪みもさまざまなに変化する。

【0008】このような凸面波23や凹面波21が平坦な形状のグレーティング10に入射すると、グレーティング10のそれぞれの溝にレーザ光3が異なる角度で入射することになるので、グレーティング10による波長選択性能を低下させてしまう。このため、前記線幅が広がるなどの現象が起きて狭帯域化がうまくゆかず、レーザの波長特性が低下する。

【0009】そこで、前記従来技術においては、グレーティング10に入射するレーザ光3の波面の凹凸に対し、図示しない曲率アクチュエータによってグレーティング10を曲げることによってその波長選択特性を補正し、良質な前記波長特性を得るようにしている。これを、波面補正と言う。

【0010】図18に基づいて、前記波面補正について詳細に説明する。同図は、狭帯域化ユニット12の詳細図である。ここで、ビームエキスパンダ9は、同図に示すように例えばプリズム7A及びプリズム7Bから構成されているものとし、またこれに入射した入射波面32が、前記ビームエキスパンダ9を通過することによって中央が凹んだ凹面波を有するグレーティング波面15になるものとする。前記従来技術では、これに対して図示しない前記曲率アクチュエータによってグレーティング10に図中矢印10aの力を加えてその表面を凸面に湾曲させ、前記凹面波に平行に合わせるようにしている。これにより、グレーティング10のそれぞれの溝にレーザ光3がほぼ等しい角度で入射するので、良好な波長特性を得ることができる。もしグレーティング波面15が凸面波であれば、グレーティング10の表面を逆に凹面に湾曲させるようにすればよい。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前記従来技術における波面補正には次のような問題点がある。

【0012】まず、従来技術ではグレーティング10の曲げのみによって前記波面補正を行なっているが、この曲げによってグレーティング10が破損する可能性がある。また、グレーティング10の表面には精密な溝が刻まれており、その波長選択性能を低下させずに曲げられ

る曲率の許容範囲には限界がある。そのため、グレーティング波面15の歪みが前記許容範囲よりも大きくなった場合は、この方法ではグレーティング波面15に対する波面補正を行なうことができなくなり、エキシマレーザ4の前記波長特性が低下する。

【0013】また、前記波面補正は前記狭帯域化ユニット12をエキシマレーザ4に搭載し、エキシマレーザ4を発振させて、その波長特性を計測しながら行なわなければならない。そのため、実際に発振させるまでは波面補正の効果が不明であり、波面補正がうまくゆかなかつた場合には前記狭帯域化ユニット12の一部の光学部品を交換するなどして波長特性を再計測しなければならないため、原因の究明に長時間を要する。また、前記波面補正には熟練を必要とするため、作業者によって波面補正の結果が異なり、波長特性に関する繰り返し精度のばらつきが大きくなる。

【0014】さらに、個々の光学部品が波面を歪める程度は大きくなくても、これらを組み合わせることによって前記波面の歪みが増幅されることがある。従来技術では、各々の光学部品をランダムに組み合わせ、結果として生じた波面の歪みに対応してグレーティング10で波面補正を行なっている。そのため、各々の光学部品の特性が不明であり、組み合わせの選択を誤ると適切な光学部品を不適切であると判断して放棄することがあるなど、部品購入のコストが増大する。

【0015】本発明は、上記の問題点に着目してなされたものであり、波面が最適化されたエキシマレーザ用光学部品の組み合わせにより構成できる狭帯域発振エキシマレーザ及びその波面最適化方法を提供することを目的としている。

【0016】

【課題を解決するための手段、作用及び効果】上記の目的を達成するために、請求項1に記載の発明は、狭帯域発振を行なう狭帯域発振エキシマレーザ4において、それぞれの光学部品に対して既知の波面を入射させた際の出射波面41の形状である波面特性 $W(x,y)$ を測定し、このそれぞれの波面特性 $W(x,y)$ に基づいて、エキシマレーザ4から出射するレーザ光3の波面であるレーザ波面39の波面形状 $KL(x,y)$ を演算し、このレーザ波面39の波面形状 $KL(x,y)$ が所定の形状になるように選択及び調整された光学部品を備えている。

【0017】請求項1に記載の発明によれば、エキシマレーザの各光学部品について波面特性を計測し、これに基づいて光学部品を選択して組み合わせ、エキシマレーザから出射するレーザ波面の波面形状が所定の形状になるようにしている。レーザ波面の波面形状は、波長特性に対して最適形状を有するので、これによって実際に発振を行なわずとも波長特性を又は所定の範囲に収めるように最適化することができ、良質な光品位のレーザ光を得ることができる。

【0018】また、請求項2に記載の発明は、狭帯域化を行なうための光学部品を有する狭帯域化ユニット12を備え、狭帯域発振を行なう狭帯域発振エキシマレーザ4において、それぞれの光学部品に対して既知の波面を入射させた際の出射波面41の形状である波面特性 $W(x,y)$ を測定し、このそれぞれの波面特性 $W(x,y)$ に基づいて、狭帯域化ユニット12から出射するレーザ光3の波面であるユニット波面34の波面形状 $KU(x,y)$ を演算し、このユニット波面34の波面形状 $KU(x,y)$ が所定の形状になるように選択及び調整された狭帯域化ユニット12の光学部品を備えている。

【0019】請求項2に記載の発明によれば、狭帯域化ユニットの各光学部品について波面特性を計測し、これに基づいて光学部品を選択して組み合わせ、狭帯域化ユニットから出射するユニット波面の波面形状が所定の形状になるようにしている。ユニット波面の波面形状は、波長特性に対して最適形状を有するので、これによって実際に発振を行なわずとも波長特性を又は所定の範囲に収めるように最適化することができ、良質な光品位のレーザ光を得ることができる。

【0020】また、請求項3に記載の発明は、発振したレーザ光3を整形するビームエキスパンダ9と、ビームエキスパンダ9の出射光を入射して狭帯域化するグレーティング10とを有する狭帯域発振エキシマレーザ4において、それぞれの光学部品に対して既知の波面を入射させた際の出射波面41の形状である波面特性 $W(x,y)$ を測定し、このそれぞれの波面特性 $W(x,y)$ に基づいて、前記ビームエキスパンダ9から出射するレーザ光3の波面を構成する成分であるグレーティング波面15の波面形状 $KG(x,y)$ を演算し、このグレーティング波面15の波面形状 $KG(x,y)$ が所定の形状になるように選択及び調整された前記ビームエキスパンダ9の光学部品を備えている。

【0021】請求項3に記載の発明によれば、各光学部品について波面特性を計測し、これに基づいて光学部品を選択して組み合わせ、ビームエキスパンダを出射してグレーティングに入射するレーザ光の波面形状を所定の形状にするようにしている。これにより、波面補正のためにグレーティングを大きく曲げる必要がなくなるので、グレーティングの波長選択特性が低下せず、好適に波面補正を行なえる。また、良質な光品位のレーザ光を得ることができる。

【0022】また、請求項4に記載の発明は、狭帯域発振を行なう狭帯域発振エキシマレーザ4において、前記狭帯域発振エキシマレーザ4に既知の波面を入射させた際の出射波面41であるレーザ波面39の波面形状 $KL(x,y)$ を測定して、この波面形状 $KL(x,y)$ が所定の形状になるように波面を調整する調整手段を備えている。

【0023】請求項4に記載の発明によれば、狭帯域発振エキシマレーザに既知の波面を入射させた際の出射波

面であるレーザ波面の波面形状を測定し、これを所定の形状になるように光学部品を調整している。レーザ波面の波面形状は、波長特性に対して最適形状を有するので、これによって実際に発振を行なわずとも波長特性を又は所定の範囲に収めるように最適化することができ、良質な光品位のレーザ光を得ることができる。また、個々の光学部品の前記波面特性によらず、エキシマレーザ全体を最適化することが可能である。

【0024】また、請求項5に記載の発明は、狭帯域化を行なうための光学部品を有する狭帯域化ユニット12を備え、狭帯域発振を行なう狭帯域発振エキシマレーザ4において、前記狭帯域化ユニット12に既知の波面を入射させた際の射出波面41であるユニット波面34の波面形状 $KU(X,Y)$ を測定し、この波面形状 $KU(X,Y)$ が所定の形状になるように波面を調整する調整手段を有する狭帯域化ユニット12を備えている。

【0025】請求項5に記載の発明によれば、前記狭帯域化ユニットに既知の波面を入射させた際の射出波面であるユニット波面の波面形状を測定して、これを所定の形状になるように光学部品を調整している。ユニット波面の波面形状は波長特性に対して最適形状を有するので、これによって実際に発振を行なうことなしに波長特性を最適化するか、又は所定の範囲に収めることができ、良質な光品位のレーザ光を得ることができる。また、個々の光学部品の前記波面特性によらず、狭帯域化ユニット全体を最適化することが可能である。

【0026】また、請求項6に記載の発明は、狭帯域発振を行なう狭帯域発振エキシマレーザ4の波面最適化方法において、既知の波面を入射させた際の射出波面41の形状である波面特性 $W(X,Y)$ をそれぞれの光学部品に対して測定し、このそれぞれの波面特性 $W(X,Y)$ に基づいて、各光学部品を組み合わせた際の波面形状 $K(X,Y)$ を演算し、この波面形状 $K(X,Y)$ が所定の形状となるように前記各光学部品の選択を行なうようにしている。

【0027】請求項6に記載の発明によれば、各光学部品に対して波面特性を測定し、これらの光学部品を組み合わせた際にこれらの光学部品から射出するレーザ光の波面形状を演算によって導き、これが所定の形状となるように光学部品の選択を行なっている。光学部品の波面形状は波長特性に対して最適形状を有するので、これによりあらかじめ適切な光学部品の組み合わせを選択してエキシマレーザを組み立てることができ、良質な光品位のレーザ光を得ることができる。

【0028】また、請求項7に記載の発明は、狭帯域発振を行なう狭帯域発振エキシマレーザ4の波面最適化方法において、狭帯域化ユニット12を組み立て、前記狭帯域化ユニット12に既知の波面を入射させた際の射出波面41であるユニット波面34の波面形状 $KU(X,Y)$ を前記組み立てられた狭帯域化ユニット12に対して測定し、この波面形状 $KU(X,Y)$ が所定の形状となるように光

学部品の調整を行なうようにしている。

【0029】請求項7に記載の発明によれば、狭帯域化ユニットを組み立て、この狭帯域化ユニットに既知の波面を入射させた際の射出波面であるユニット波面の波面形状を測定して、これが所定の形状になるように狭帯域化ユニットの各光学部品を調整している。この狭帯域化ユニットの波面形状は波長特性に対して最適形状を有するので、これを所定の形状に調整することにより、良質な光品位のレーザ光を得ることができる。また、組み立てた光学部品をレーザに搭載する前に調整を行なうことができるので、実際に発振を行なうことなしに波長特性を所定の範囲に収めることができ、搭載してから調整がうまくゆかないということがなく、調整時間を短縮できる。また、調整時に発振のための電力が不要であり、調整のためのコストを低減できる。

【0030】また、請求項8に記載の発明は、狭帯域発振を行なう狭帯域発振エキシマレーザ4の波面最適化方法において、狭帯域発振エキシマレーザ4を組み立て、この狭帯域発振エキシマレーザ4に既知の波面を入射させた際の射出波面41であるレーザ波面39の波面形状 $KL(X,Y)$ を前記組み立てられたエキシマレーザ4に対して測定し、この波面形状 $KL(X,Y)$ が所定の形状となるように光学部品の調整を行なうようにしている。

【0031】請求項8に記載の発明によれば、狭帯域発振エキシマレーザを組み立て、このエキシマレーザに既知の波面を入射させた際の射出波面であるレーザ波面の波面形状を測定して、これが所定の形状になるようにエキシマレーザの各光学部品を調整している。エキシマレーザの波面形状は波長特性に対して最適形状を有するので、これを所定の形状に調整することにより、良質な光品位のレーザ光を得ることができる。また、組み立てた光学部品をレーザに搭載する前に調整を行なうことができるので、実際に発振を行なうことなしに波長特性を所定の範囲に収めることができ、搭載してから調整がうまくゆかないということがなく、調整時間を短縮できる。また、調整時に発振のための電力が不要であり、調整のためのコストを低減できる。

【0032】

【発明の実施の形態】以下、図を参照しながら、本発明に係わる実施形態を詳細に説明する。なお、図において同一の符号を付したものは、従来技術と同一の構成を表すものとする。

【0033】図1～図2に基づいて、第1の実施形態を説明する。図1に、フィゾー干渉計によって、測定対象8であるプリズム7の特性を計測する際の構成を示す。同図において、例えばKrfエキシマレーザの発振波長である248nmの発振波長に近い発振波長を持つアルゴン倍波レーザ25から発振したレーザ光29を基準光とし、このレーザ光29を拡散レンズ26、ビームスプリッタ28及びコリメータレンズ27を透過させて拡大

し、拡大された平面波40を部分透過ミラーからなる参照ミラー31に入射させる。この参照ミラー31は両面が平行に精密研磨されており、透過或いは反射による波面の歪みを最小限に抑えている。

【0034】前記レーザ光29は、前記参照ミラー31で一部が反射されて参照光となり、一部は参照ミラー31を透過して、測定対象8であるプリズム7に入射する。プリズム7を透過した光の波面を出射波面41とすると、これがミラー24に垂直に入射して反射され、前記プリズム7を逆向きに透過して参照ミラー31に逆向きに入射し、波面42を有した測定光となる。ミラー24は、前記参照ミラー31と同様にその表面が平坦に精密研磨されており、入射した光の波面をそのままの形で反射するようにしている。

【0035】ここで、前記参照光と測定光とはビームスプリッタ28で図中下向きに反射され、結像レンズ35を通過して波面情報を含む干渉縞33をCCDカメラ36に結像する。また前記参照ミラー31は、例えばCPUを備えた干渉計コントローラ38からの指令に基づいて、ピエゾ素子を使ったピエゾアクチュエータ30を駆動することによって図中Z軸方向に微動可能であり、この移動に伴って前記干渉縞33が移動する。この干渉縞33の像を前記干渉計コントローラ38で分析することによって、測定光の波面42の形状を知ることができ、ここから出射波面41の形状を演算することができる。出射波面41の形状は、このプリズム7に平面波40を入射させたときに、どのような出射波面41が出射するかを表したもので、図中X、Y軸の関数として表すことができ、この関数をプリズム7の波面特性 $W_p(X,Y)$ と呼ぶ。また、干渉計コントローラ38での演算によって、この波面特性 $W_p(X,Y)$ を曲面で近似して、出射波面41の曲率半径 R_p を算出することも可能である。このように、同図に示したフィゾー干渉計をプリズム7の波面特性 $W_p(X,Y)$ を測定する波面特性測定装置20として利用することができる。

【0036】このとき、前記図18に示すように狭帯域化ユニット12に入射する入射波面32が平面波であり、前記測定によってプリズム7A、7Bの波面特性 $W(X,Y)$ がそれぞれ波面特性 $W_{pA}(X,Y)$ 、波面特性 $W_{pB}(X,Y)$ であったとすると、グレーティング10に入射するグレーティング波面15の形状は図中X、Y軸の関数として表すことができる。この関数を波面形状 $K_G(X,Y)$ と呼び、次の数1で表される。

【数1】 $K_G(X,Y) = W_{pA}(X,Y) + W_{pB}(X,Y)$

すなわち、各光学部品の波面特性 $W(X,Y)$ を測定することによって、これらの光学部品を通過又は反射した波面の波面形状 $K(X,Y)$ を知ることができる。

【0037】また、このグレーティング波面15の波面形状 $K_G(X,Y)$ から、グレーティング波面15の曲率半径 R_G を演算することができる。この曲率半径 R_G を、グ

レーティング10の波長選択特性が低下しない許容範囲内に収めることができれば、前記波面補正を行なうことが可能である。

【0038】図2に、狭帯域化ユニット12を構成する各光学部品の波面特性 $W(X,Y)$ を測定して、前記曲率半径 R_G を前記許容範囲内に収めるための手順の一例を、フローチャートで示す。まず、狭帯域化ユニット12に使用するプリズム7A、7Bを選定し（ステップS1）、前記図1で説明したように波面特性測定装置20を用いて上記選定したプリズム7A、7Bのそれぞれの波面特性 $W_{pA}(X,Y)$ 、 $W_{pB}(X,Y)$ を測定し（ステップS2）、そこからそれぞれの波面の曲率半径 R_A 、 R_B を演算する（ステップS3）。次に、これらの曲率半径 R_A 、 R_B が所定の許容範囲に入っているか否かを確認し（ステップS4）、許容範囲に入っていないものについては光学部品を新たに選定して（ステップS5）、ステップS2に戻って波面特性 $W(X,Y)$ の再測定を行なう。これは、前記出射波面41の曲率半径 R が許容範囲からはずれているものは、加工精度が悪かったり内部が歪んでいたりと判断できるからである。ステップS3で各光学部品の曲率半径 R が許容範囲内であれば、前記数1に従ってグレーティング10に入射するグレーティング波面15の波面形状 $K_G(X,Y)$ を求め（ステップS6）、グレーティング波面15の曲率半径 R_G を求める（ステップS7）。ここで、この曲率半径 R_G が、所定の許容範囲に入っているか否かを確認し（ステップS9）、許容範囲に入っていなければグレーティング10を曲げて前記波面補正がうまくゆかないのでステップS1に戻って部品の選定をやり直し、許容範囲内に入っていればこれらの部品を使って狭帯域化ユニット12を組み立てる（ステップS11）。

【0039】前記手順の中で、ビームエキスパンダ9が2個のプリズム7A、7B以外に他の光学部品を含んでいる場合は、ステップS2でそれらの光学部品の波面特性 $W(X,Y)$ を測定して曲率半径 R を求め、ステップS4でそれらが許容範囲内にあることを確認し、ステップS6でグレーティング波面15の波面形状 $K_G(X,Y)$ を求める際に、数1と同様にそれぞれの波面特性 $W(X,Y)$ をすべて足し合わせるようにすればよい。

【0040】このように本実施形態によれば、まず各光学部品についてその波面特性 $W(X,Y)$ を測定し、それらの波面特性 $W(X,Y)$ を足し合わせることによって、グレーティング10に入射するグレーティング波面15の波面形状 $K_G(X,Y)$ を求め、そこから曲率半径 R_G を演算し、これが所定の許容範囲内に収まるように光学部品を選定している。これにより、実際に狭帯域化ユニット12を組み立てることなく、短時間で前記狭帯域化に適切な部品を選定することができる。そうすれば、前記曲率半径 R_G が所定の許容範囲内に収まっているので、グレーティング10を曲げて前記波面補正を行なうことが可

能であり、良質な光品位のエキシマレーザ4を得ることができる。また、グレーティング10を曲げることなく良好な波長特性を得ることも可能である。

【0041】次に、図3～図7に基づいて、第2の実施形態を説明する。なお、図において同一の符号を付したものは、従来技術及び前記実施形態と同一の構成を表すものとする。図3に、第2の実施形態に係わるエキシマレーザ4の構成を示す。同図に示すように、このエキシマレーザ4の前記狭帯域化ユニット12は、プリズム7A、7B、7C、ミラー37、及びグレーティング10から構成されている。前記実施形態と同様にリアウィンドウ5から出射したレーザ光3は、プリズム7A、7Bを通過する間にその径を拡げられ、ミラー37で反射してプリズム7Cによって再度その径を拡げられ、グレーティング10に入射する。ミラー37は図示しない回転アクチュエータによって図中矢印方向に回転可能であり、この回転によってグレーティング10の選択波長を変更することができる。グレーティング10は、図示しない角度アクチュエータによってレーザ光3の光路に対する角度を制御されており、選択された所定の波長だけを共振させることで前記狭帯域化を行なっている。また、前記実施形態と同様に、図示しない曲率アクチュエータによってグレーティング10を曲げて前記波面補正を行なうことが可能である。

【0042】図4に、前記図1のプリズム7と同様に前記グレーティング10やミラー37を測定対象8として設置し、グレーティング10の波面特性 $W_g(X,Y)$ やミラー37の波面特性 $W_m(X,Y)$ を計測する際の構成を示す。このように、同図に示したフィゾー干渉計を、狭帯域化ユニット12を構成する各光学部品の波面特性 $W(X,Y)$ を測定する波面特性測定装置20として利用することができる。

【0043】このとき、狭帯域化ユニット12から出射するレーザ光3の波面をユニット波面34とし、その波面形状を波面形状 $K_U(X,Y)$ とすると、この波面形状 $K_U(X,Y)$ は前記数1と同様に、狭帯域化ユニット12を構成する各光学部品の波面特性 $W(X,Y)$ を、光路に沿った順序で加えることによって求められる。

【0044】そこで、前記図1及び図4に基づいて、狭帯域化ユニット12を構成する各光学部品の波面特性 $W(X,Y)$ を計測する。プリズム7A、7B、7C、ミラー37、及びグレーティング10の波面特性 $W(X,Y)$ を、それぞれ $W_{pA}(X,Y)$ 、 $W_{pB}(X,Y)$ 、 $W_{pC}(X,Y)$ 、 $W_m(X,Y)$ 、 $W_g(X,Y)$ とすると、波面形状 $K_U(X,Y)$ は次の数2によって求められる。

【数2】 $K_U(X,Y) = W_{pA}(X,Y) + W_{pB}(X,Y) + W_m(X,Y) + W_{pC}(X,Y) + W_g(X,Y) + W_{pC}(X,Y) + W_m(X,Y) + W_{pB}(X,Y) + W_{pA}(X,Y)$

この波面形状 $K_U(X,Y)$ から、ユニット波面34の曲率半径 R_U を求めることができる。ここで、曲率半径 R_U の

逆数を平面度 F_U とする。

【0045】図5に、エキシマレーザ4の前記線幅と、前記ユニット波面34の平面度 F_U との関係を示す。前記平面度 F_U が0になる点が、前記ユニット波面34が平面波となる点である。同図より、平面度 F_U が、エキシマレーザ4の線幅に対して最適平面度 F_{Up} を持つことがわかる。すなわち、エキシマレーザ4の線幅を最小にするためには、平面度 F_U を最適平面度 F_{Up} に一致させれば前記ユニット波面34を最適化でき、前記線幅が最小となる。また、線幅を例えばステップの露光に必要な線幅許容値以下に抑えるためには、前記平面度 F_U を所定の許容範囲内に収めるようにすればよい。

【0046】さらに、エキシマレーザ4の前記中心波長の安定性（線幅純度とも言う）に関しても、やはり同様の最適平面度 F_{Up2} が存在する。すなわち、前記波面特性を例えばステップの露光に必要な許容範囲内に収めるためには、前記線幅と中心波長の安定性を共に所定の許容範囲内に収めるようにすればよく、そのためには前記平面度 F_U を所定の許容範囲内に収めるようにすればよい。

【0047】図6に、前記波面特性測定装置20を用いて、前記ユニット波面34の最適化を行なう手順の一例をフローチャートで示す。まず、前記プリズム7A、7B、7C、ミラー37、及びグレーティング10を選定し（ステップS21）、次に、前記図1及び図4で説明したように干渉計を用いて、前記各光学部品の波面特性 $W(X,Y)$ を測定し（ステップS22）、各光学部品の出射波面41の曲率半径 R を演算する（ステップS23）。次に、これらの曲率半径 R が所定の許容範囲に入っているか否かを確認し（ステップS24）、許容範囲に入っていないものについては光学部品を新たに選定して（ステップS25）、ステップS22に戻って波面特性 $W(X,Y)$ の再計測を行なう。ステップS24で前記曲率半径 R が許容範囲内であれば、前記数2に従って前記ユニット波面34の波面形状 $K_U(X,Y)$ を求め（ステップS26）、それから前記平面度 F_U を求める（ステップS27）。ここで、この平面度 F_U が所定の許容範囲に入っているか否かを確認し（ステップS29）、許容範囲に入っていなければステップS21に戻って部品の選定をやり直し、許容範囲内に入っていればこれらの部品を使って狭帯域化ユニット12を組み立てる（ステップS31）。

【0048】このとき、同図の手順に、前記実施形態において図2で説明した手順を加えた一例を図7に示す。すなわち、ステップS24とステップS26との間に点線で囲んだ部分を挿入し、各光学部品の曲率半径 R が許容範囲内であることを確認した後、前記グレーティング波面15の波面形状 $K_G(X,Y)$ を求める（ステップS33）。これは、次の数3による。

【数3】 $K_G(X,Y) = W_{pA}(X,Y) + W_{pB}(X,Y) + W_m(X,$

$\gamma) + W_{pC}(X, Y)$

そして、この波面形状 $K_G(X, Y)$ からグレーティング 10 に入射するグレーティング波面 15 の曲率半径 R_G を求め (ステップ S 34)、これが所定の許容範囲内にあるか否かを確認し (ステップ S 35)、許容範囲に入っていない場合はステップ S 21 に戻って部品の選定をやり直し、許容範囲内に入っていれば、ステップ S 26 に移行して前記波面形状 $K_U(X, Y)$ を求める。

【0049】このように本実施形態によれば、狭帯域化ユニット 12 の各光学部品についてその波面特性 $W(X, Y)$ を測定し、それらの和であるユニット波面 34 の波面形状 $K_U(X, Y)$ から、前記平面度 F_U を求め、これが所定の許容範囲内に収まるように光学部品を選定している。前記図 5 に説明したように、この平面度 F_U はエキシマレーザ 4 の波長特性について最適値を持ち、これを所定の範囲に収めることによって、前記波長特性を所定の範囲に収めることができる。すなわち、この平面度 F_U が所定の許容範囲になるように狭帯域化ユニット 12 の光学部品を選定することによって、狭帯域化したレーザ光 3 の光品位を、要求される範囲に収めることができる。

【0050】次に、図 8 に基づいて第 3 の実施形態を説明する。なお、図において同一の符号を付したものは、従来技術及び前記実施形態と同一の構成を表すものとする。

【0051】図 8 は、前記波面特性測定装置 20 を用いて、前記図 3 に示した狭帯域化ユニット 12 を測定対象 8 とし、これから出射するユニット波面 34 の波面形状 $K_U(X, Y)$ を測定する際の構成図である。同図において、前記図 1 と同様に参照ミラー 31 を通過したレーザ光 29 は、プリズム 7A、7B を通過し、ミラー 37 で反射し、プリズム 7C を通過して、グレーティング 10 に入射する。グレーティング 10 で反射した光は、前記の光路を逆向きに通って、測定光として参照ミラー 31 に入射する。測定光と前記参照光とによって形成された干渉縞 33 を前記 CCD カメラ 36 上に結像させ、これを前記干渉計コントローラ 38 で分析することによって、前記波面形状 $K_U(X, Y)$ を計測することができる。このとき、上述の各光学部品はランダムに選定してもよいし、前記第 2 実施形態において説明したような手順で選定した光学部品を使用してもよい。

【0052】すなわち本実施形態では、前記図 6 に示した手順で演算によって求めた波面形状 $K_U(X, Y)$ を波面特性測定装置 20 で実際に計測している。そして、前記平面度 F_U を演算しながら、前記曲率アクチュエータでグレーティング 10 の曲率を調整してこの平面度 F_U を前記所定の許容範囲内に収めるとともに、これを前記最適平面度 F_{Up} にさらに近づけることができる。

【0053】またこのとき、曲率アクチュエータをグレーティング 10 だけでなく前記ミラー 37 にも装着し、

前記平面度 F_U を測定しながらこのミラー 37 の曲率を調整して前記波面形状 $K_U(X, Y)$ を最適化することも可能である。また、前記各プリズム 7 (7A、7B、7C 等) に例えばヘルチェ素子等の温調素子を貼り、前記平面度 F_U を測定しながらこの温度を制御してプリズム 7 の波面特性 $W_P(X, Y)$ を変化させ、前記波面形状 $K_U(X, Y)$ を最適化することも可能である。

【0054】このように、前記第 1、第 2 実施形態では各光学部品の波面特性 $W(X, Y)$ に基づいて光学部品の選定を行なったのに対し、本実施形態では狭帯域化ユニット 12 を組み立て、その狭帯域化ユニット 12 から出射する波面の波面形状 $K_U(X, Y)$ を波面特性測定装置 20 で測定している。そして、この波面形状 $K_U(X, Y)$ に基づいて平面度 F_U を演算しながら、これを所定の範囲内に収めるように、各光学部品の曲率や温度を調整して前記波面補正を行なっている。このように、波面形状 $K_U(X, Y)$ をさらに最適化できるので、エキシマレーザ 4 から出射するレーザ光 3 の光品位を、さらに良質のものにすることができる。

【0055】また本実施形態によれば、狭帯域化ユニット 12 の調整をエキシマレーザ 4 に搭載する前に行なうことができるので、搭載してから調整がうまくゆかないということがなく、調整時間を短縮できる。また、調整時に発振のための電力が不要であり、調整のためのコストを低減できる。また、狭帯域化ユニット 12 をエキシマレーザ 4 と別の場所で調整して搭載することが可能なので、エキシマレーザ 4 の波長特性に問題が起きたときなどに狭帯域化ユニット 12 をあらかじめ調整済みのものと交換することで調整時間を短縮でき、例えばステッパなどのダウンタイムを短縮できる。また、前記狭帯域化ユニット 12 を波面補正した結果を例えば平面度 F_U という数値で評価しているので補正の目標値が設定でき、作業者の熟練度によって波面補正の度合いが異なるということがなくなるので、繰り返し精度の良い波面補正が可能である。

【0056】次に、図 9～図 12 に基づいて、第 4 の実施形態を説明する。なお、図において同一の符号を付したものは、従来技術及び前記実施形態と同一の構成を表すものとする。図 9 は本実施形態によるエキシマレーザ 4 の構成図であり、狭帯域化ユニット 12 内に 4 個のプリズム 7A～7D を備えている。このエキシマレーザ 4 から出射される波面をレーザ波面 39、レーザ波面 39 の形状を波面形状 $K_L(X, Y)$ 、レーザ波面 39 の曲率半径 R を曲率半径 R_L 、曲率半径 R_L の逆数を平面度 F_L とする。

【0057】ここで図 10 に、エキシマレーザ 4 の前記線幅と、前記レーザ波面平面度 F_L との関係を示す。レーザ波面平面度 F_L が 0 になる点が、前記レーザ波面 39 が平面波となる点である。同図より、前記図 5 と同様に前記平面度 F_L が、エキシマレーザ 4 の線幅に対して

最適平面度F_{Lop}を持つことがわかる。すなわち、エキシマレーザ4の線幅を最小にするためには、平面度F_Lを最適平面度F_{Lop}に一致させて前記レーザ波面39を最適化すればよい。また、前記線幅を例えばステップの露光に必要な線幅許容値以下に抑えるためには、前記平面度F_Lを所定の許容範囲内に収めるようにすればよい。

【0058】また、エキシマレーザ4の前記中心波長の安定性に関しても、やはり同様の最適平面度F_{Lop}が存在する。すなわち、前記波長特性を例えばステップの露光に必要な許容範囲内に収めるためには、前記線幅と中心波長の安定性を共に所定の許容範囲内に収めるようにすればよく、そのためには前記平面度F_Lを所定の許容範囲内に収めるようにすればよい。

【0059】図11に、前記波面特性測定装置20を用いて前記レーザ波面39の最適化を行なう手順の一例をフローチャートで示す。まず、プリズム7A、7B、7C、7D、ミラー37、グレーティング10、リアウィンドウ5、フロントウィンドウ13、及びフロントミラー14を選定し（ステップS41）、次に、前記図1及び図4で説明したように干渉計を用いて前記各光学部品の波面特性W(X,Y)を測定し（ステップS42）、各光学部品の曲率半径Rを求める（ステップS43）。次に、各光学部品の曲率半径Rが所定の許容範囲に入っているか否かを確認し（ステップS44）、許容範囲に入っていないものについては光学部品を新たに選定して（ステップS45）、ステップS41に戻って各光学部品の波面特性W(X,Y)の計測を行なう。ステップS44で各光学部品の曲率半径Rが許容範囲内であれば、エキシマレーザ4の部品構成順序で各光学部品の波面特性W(X,Y)を足し合わせて、前記レーザ波面39の波面形状KL(X,Y)を演算する（ステップS46）。さらに前記平面度F_Uを求め（ステップS47）、この平面度F_Uが所定の許容範囲に入っているか否かを確認し（ステップS49）、許容範囲に入っていない場合はステップS41に戻って部品の選定をやり直し、許容範囲内に入っていればこれらの部品を使って前記図9に記載したエキシマレーザ4を組み立てる（ステップS51）。

【0060】さらに本実施形態では図12に示すように、前記波面特性測定装置20を使用して、エキシマレーザ4のレーザ波面39における前記平面度F_Lを測定している。

【0061】同図において、前記図1と同様に参照ミラー31を通過したレーザ光29は、フロントミラー14、フロントウィンドウ13、リアウィンドウ5、プリズム7A、7Bを通過し、ミラー37で反射し、プリズム7C、7Dを通過して、グレーティング10に入射する。グレーティング10で反射した光は、前記の光路を逆向きに通ってレーザ波面39となり、測定光として参照ミラー31に入射する。測定光と前記参照光とによ

て形成された干渉縞33を前記CCDカメラ36上に結像させ、これを前記干渉計コントローラ38で分析することによって、レーザ波面39の波面形状KL(X,Y)を計測し、前記平面度F_Lを演算できる。

【0062】これにより、前記平面度F_Lを測定しながら、第3の実施形態と同様にグレーティング10やミラー37の曲率、或いはプリズム7の温度等を調整して、この平面度F_Lをさらに最適化することが可能である。

【0063】このように本実施形態によれば、エキシマレーザ4を構成する光学部品についてそれぞれの波面特性W(X,Y)を測定し、それらの和であるレーザ波面39の波面形状KL(X,Y)から、その平面度F_Lを求めてこれが所定の許容範囲になるようにエキシマレーザ4の各光学部品を選定している。また、このレーザ波面39の平面度F_Lを計測しながら、前述したグレーティング10やミラー37の曲率、或いはプリズム7の温度等を調整することによって、さらにこの平面度F_Lを最適化することが可能である。これにより、狭帯域化したレーザ光3の光品位を最適化することができる。またこのとき、前記アパーチャ6の端部における回折の影響も考慮して調整を行なっているので、レーザ波面39の最適化をいっそう正確に行なうことができる。

【0064】また、以上の各実施形態の説明においては、前記波面形状K(X,Y)から波面の曲率半径Rを求め、その逆数である平面度Fを演算するようにしているが、このとき図13に示すように、曲率半径Rの代わりにレーザ光3の波面の測定点43の最大値と最小値の差であるPV値PVを算出し、その逆数を演算して、これを許容範囲内に収めるようにしてもよい。また、同様に図14に示すように波面の近似曲線44と測定点43との距離の自乗の総和の平方根であるrms値を算出し、これを許容範囲内に収めるようにしてもよい。これらの値は、前記干渉計コントローラ38で参照ミラー31を移動させながら干渉縞33を分析することによって求めることができる。

【0065】以上説明したように、本発明によれば狭帯域化ユニット12における各光学部品の波面特性W(X,Y)を測定し、それらを合計してグレーティング10に入射するグレーティング波面15の波面形状KG(X,Y)を算出し、これから演算した曲率半径Rを所定の許容範囲内に収めるようにしている。これにより、グレーティング波面15の曲率半径Rを、常にグレーティング10を曲げて前記波面補正を行なえる範囲に収められるので、良質な光品位のエキシマレーザ4を得ることができる。また、グレーティング10を曲げることなく良好な波長特性を得ることも可能である。

【0066】また、本発明によれば、狭帯域化ユニット12における各光学部品の波面特性W(X,Y)を測定し、それらの波面特性W(X,Y)を合計して、狭帯域化ユニット12から出射するユニット波面34の波面特性W_U(X,

りを算出し、これを所定の許容範囲に収めるようにしている。これにより、狭帯域化ユニット 12 の波面を最適化できるので、良質な光品位のエキシマレーザ 4 を得ることができる。また、各光学部品の波面特性 $W(x, y)$ を把握しているので、光学部品の組み合わせを適切に行なうことができ、前述したように適切な部品を不適切であると判断して放棄することがなく、部品が無駄にならないのでエキシマレーザ 4 を製作するためのコストを低減することができる。

【0067】さらに本発明によれば、狭帯域化ユニット 12 から出射するユニット波面 34 の波面形状 $KU(x, y)$ を計測し、このユニット波面 34 の平面度 FU を所定の許容範囲に収め、かつなるべく最適平面度 Fop に近くなるようにグレーティング 10 やミラー 37 の曲率を調整することができる。これにより、エキシマレーザ 4 を発振させることなく狭帯域化ユニット 12 を調整可能であるので、実際に発振させる場合に比べて調整時間が短縮できると共に、前記調整の程度を平面度 FU という数値で把握できるので、作業者による調整のばらつきが少なくなり、繰り返し精度を向上させることができる。

【0068】また本発明によれば、エキシマレーザ 4 の光学部品すべてについて前記波面特性 $W(x, y)$ を計測するとともに、エキシマレーザ 4 から出射するレーザ波面 39 の波面形状 $K(x, y)$ を測定し、これを調整しているので、すべての光学部品における前記歪みの影響を抑えることができる。

【0069】以上の実施形態の説明においては、波面特性測定装置 20 としてフィゾー干渉計を使用しているが、本発明はこれに限定されず、前記波面特性を測定できるものであればよく、例えばマイケルソン干渉計等を使用してもよい。

【0070】また、前記波面特性測定装置 20 から入射させる波面は平面波 40 として説明したが、これは波面の形状が既知の波面であればよい。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 実施形態に係わる波面特性測定の説明図。

【図 2】曲率半径を許容範囲に収める手順の一例を示すフローチャート。

*

*【図 3】第 2 実施形態に係わるエキシマレーザの構成図。

【図 4】波面特性測定の説明図。

【図 5】エキシマレーザの線幅と波面との関係の説明図。

【図 6】ユニット波面の最適化を行なう手順の一例を示すフローチャート。

【図 7】ユニット波面の最適化を行なう手順の一例を示すフローチャート。

10 【図 8】第 3 実施形態に係わる曲率半径測定の説明図。

【図 9】第 4 実施形態に係わるエキシマレーザの構成図。

【図 10】曲率半径測定の説明図。

【図 11】レーザ波面の最適化を行なう手順の一例を示すフローチャート。

【図 12】エキシマレーザの波面特性測定の説明図。

【図 13】PV 値の説明図。

【図 14】rms 値の説明図。

【図 15】従来技術によるエキシマレーザの構成図。

20 【図 16】波面の歪みの説明図。

【図 17】波面の歪みの説明図。

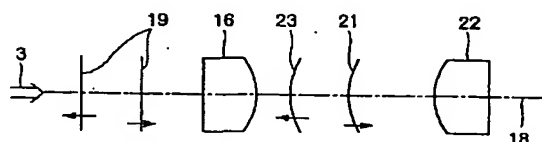
【図 18】従来技術による波面補正の説明図。

【符号の説明】

1…チャンバ、2…放電電極、3…レーザ光、4…エキシマレーザ、5…リアウィンドウ、6…アパーチャ、7…プリズム、8…測定対象、9…ビームエキスパンダ、10…グレーティング、12…狭帯域化ユニット、13…フロントウィンドウ、14…フロントミラー、15…グレーティング波面、16…ウィンドウ、17…ウィンドウ、18…光軸、19…平面波、20…波面特性測定装置、21…凹面波、22…全反射ミラー、23…凸面波、24…ミラー、25…アルゴン倍波レーザ、26…拡散レンズ、27…コリメータレンズ、28…ビームスプリッタ、29…レーザ光、30…ピエゾアクチュエータ、31…参照ミラー、32…入射波面、33…干渉縞、34…ユニット波面、35…結像レンズ、36…CCDカメラ、37…ミラー、38…干渉計コントローラ、39…レーザ波面、40…平面波、41…出射波面、42…波面、43…測定点、44…近似曲線。

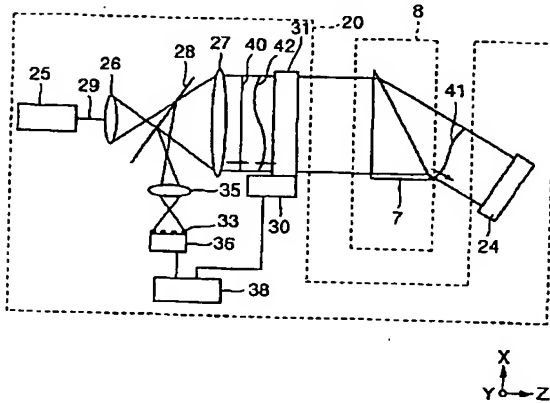
【図 17】

波面の歪みの説明図



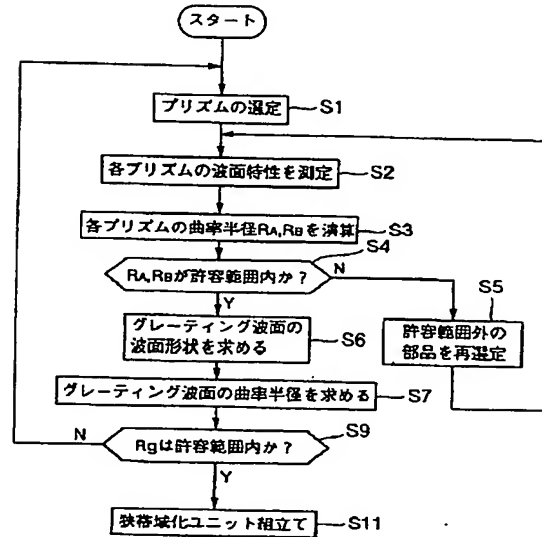
【図1】

第1の実施形態に係る波面特性測定の説明図



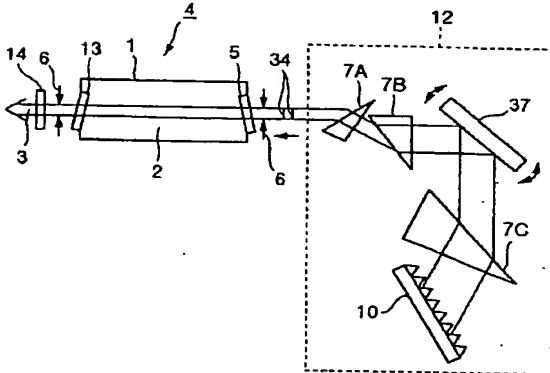
【図2】

曲率半径を許容範囲に収める手順の一例を示すフローチャート



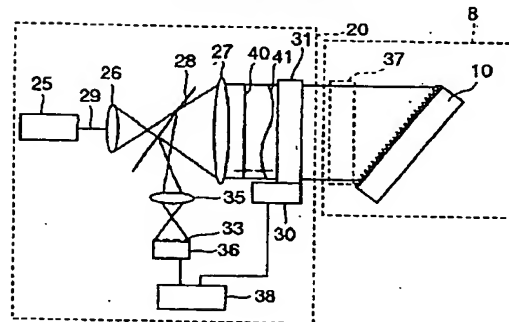
【図3】

第2の実施形態に係るエキシマレーザの構成図



【図4】

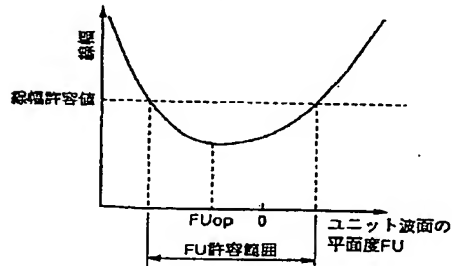
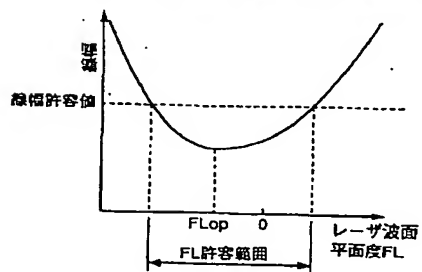
波面特性測定の説明図



【図5】

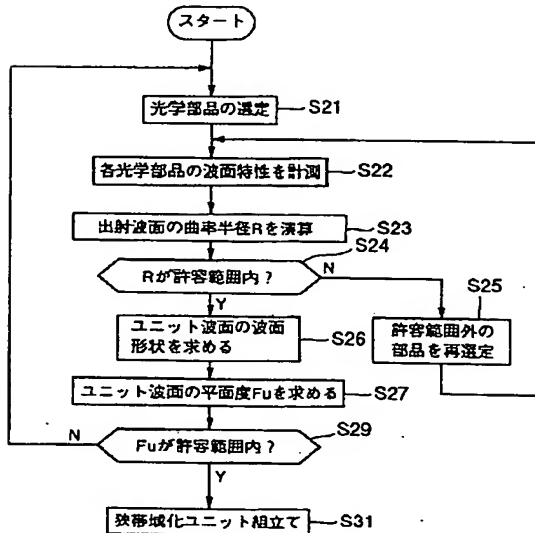
エキシマレーザの線幅と波面との関係の説明図

エキシマレーザの線幅と波面との関係の説明図



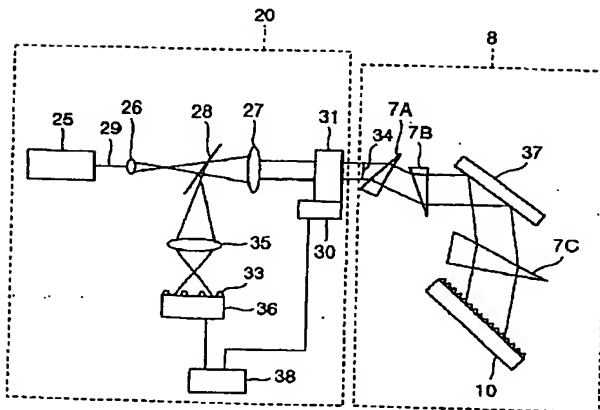
【図6】

ユニット波面の最適化を行なう手順の一例を示すフローチャート



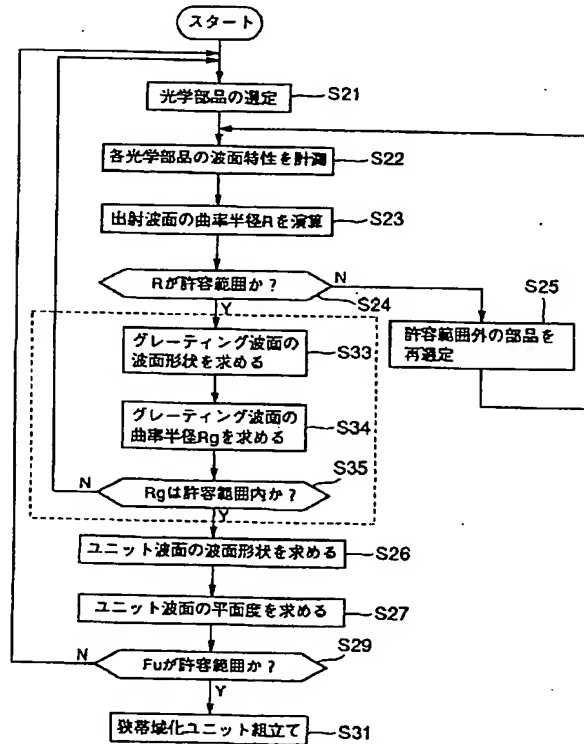
【図8】

第3の実施形態に係る波面特性測定の説明図



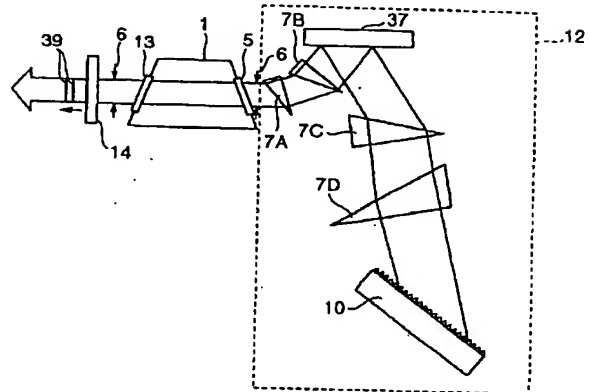
【図7】

ユニット波面の最適化を行なう手順の一例を示すフローチャート



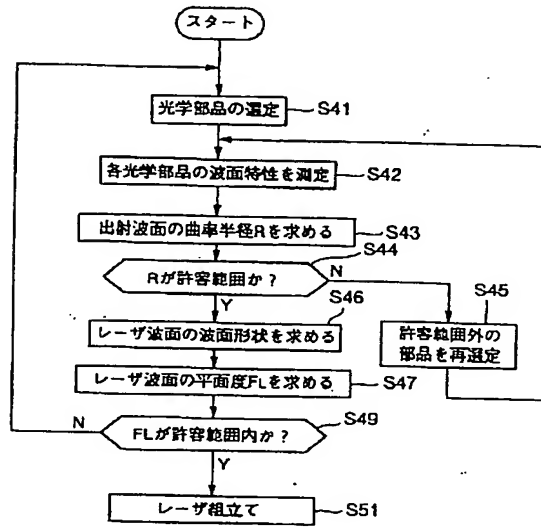
【図9】

第4の実施形態に係るエキシマレーザの構成図



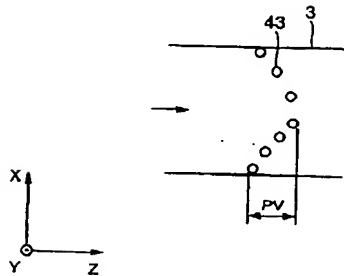
【図11】

レーザ波面の最適化を行なう手順の一例を示すフローチャート



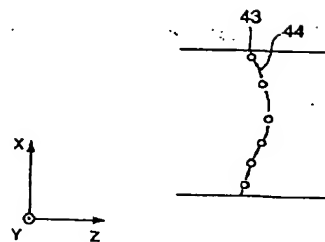
【図13】

PV値の説明図



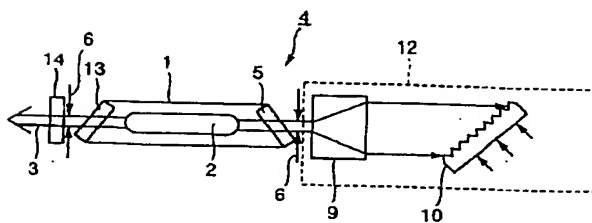
【図14】

rms値の説明図



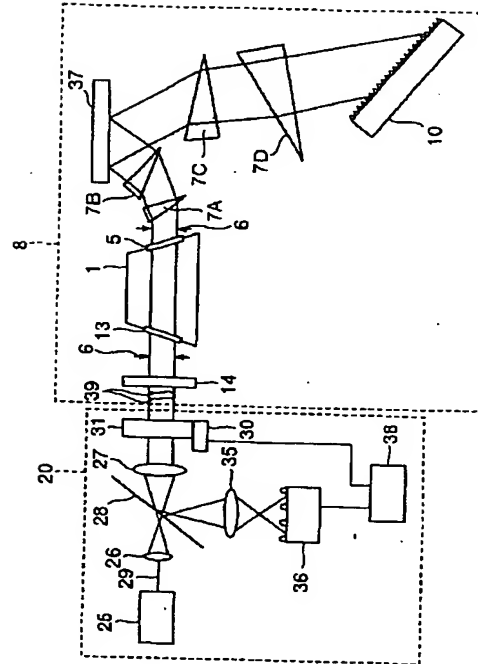
【図15】

従来技術によるエキシマレーザの構成図



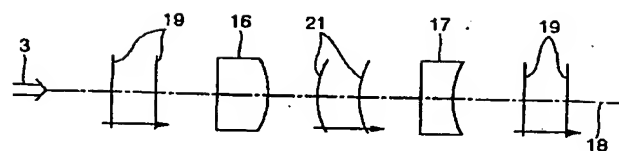
【図12】

波面特性測定の説明図



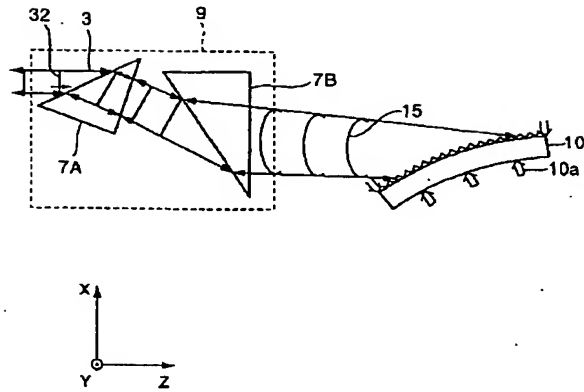
【図16】

波面の歪みの説明図



【図 1 8】

従来技術による波面補正の説明図



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.